

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Supervisió i Control d'un Procés de Fabricació sobre una Cèl·lula Automatitzada



Memòria i Annexos

Autor: Daniel Castillo Mambrilla

Director: Javier Gámiz Caro

Convocatòria: Maig 2019

Resum

Aquest document és un treball de fi de grau que aborda tots els passos necessaris a seguir per realitzar l'automatització del sistema de control i la supervisió d'un cèl·lula la qual realitza un procés de fabricació. Aquesta està situada al laboratori d'automàtica de l'EEBE (Escola d'Enginyeria de Barcelona Est).

Resumen

Este documento es un trabajo de fin de grado que aborda todos los pasos necesarios a seguir para realizar la automatización del sistema de control y la supervisión de una célula la cual realiza un proceso de fabricación. Esta está situada en el laboratorio de automática de la EEBE (Escola d'Enginyeria de Barcelona Est).

Abstract

This document is a final degree project that explains all the necessary steps to carry out the automation of the control system and the supervision of a cell that performs a manufacturing process. This is in the automatic laboratory of the EEBE (Escola d'Enginyeria de Barcelona Est).

Agraïments

Agrair al director de projecte, Javier Gámiz, per tota l'ajuda subministrada durant el desenvolupament del projecte, especialment a les fases que s'havien de realitzar al laboratori on estava la cèl·lula a automatitzar.

També, agrair al company projectista, Eric Olasz Roig, per proporcionar tota la informació necessària per realitzar aquest projecte, ja que ell va realitzar la codificació i programació dels PLCs propis de la cèl·lula a automatitzar.

Índex

1. Introducció	8
1.1. Objectius	8
1.1.1. Objectius Secundaris	8
1.2. Motivació.....	8
1.3. Justificació	9
1.4. Abast.....	9
1.5. Estructura de la Memòria.....	9
2. Anàlisi del Problema.....	11
2.1. Descripció del Procés a Automatitzar	11
2.2. Sistema de Control	13
2.2.1. FAS 207	13
2.2.2. FAS 208.....	19
2.2.3. Dades tècniques FAS 207	22
2.2.4. Dades tècniques FAS 208	22
2.3. Requeriments Funcionals.....	23
2.4. Requeriments de Disseny.....	24
2.5. Metodologia de Desenvolupament.....	25
2.6. Planificació de les tasques.....	26
3. Disseny i Implementació de la Solució.....	28
3.1. Arquitectura del Sistema de Control.....	28
3.1.1. Hardware del Sistema	28
3.1.2. Software del Sistema.....	29
3.1.3. Comunicacions SCADA-Controlador-Procés.....	30
3.2. Descomposició del Problema de Control	34
3.3. Codificació dels Elements i Sistemes.....	35
3.4. Definició de les Interfícies del Sistema de Control.....	38
3.5. Definició del fitxer d'intercanvi Controlador-SCADA	39
3.6. Programa del Controlador.....	49
3.6.1. Estructura del Programa	49
3.6.2. Definició dels Tipus de Dades.....	51
3.6.3. Lògica de Control dels Elements	54
3.6.4. Lògica de Control dels Sistemes	58

3.6.5.	Seqüències de Control.....	60
3.7.	Programa del Software SCADA.....	67
3.7.1.	Arbre de Navegació	67
3.7.2.	Definició dels Tipus de Dades.....	68
3.7.3.	Disseny de les Pantalles de l'Aplicació	69
3.7.4.	Scripts	73
3.7.5.	Disseny de la Interfície d'Alarmes del Sistema.....	74
3.7.6.	Gràfics d'Històrics i Tendències.....	75
4.	Proves i Resultats	76
4.1.	Proves	76
4.2.	Resultats.....	76
5.	Normativa.....	81
5.1.	Codificació dels elements.....	81
5.2.	Programació del PLC.....	81
5.3.	Aplicació SCADA	81
6.	Conclusions.....	82
7.	Bibliografia	83
Annex 1: Programa PLC.....		84
Annex 2: Pantalles SCADA.....		109
Annex 3: Memòria Econòmica.....		117

1. Introducció

1.1.Objectius

L'objectiu principal és el disseny i la implementació d'un sistema de control mitjançant un dispositiu lògic programable (PLC) i un sistema de supervisió SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sobre els mòduls 207 i 208 del sistema d'acoblament flexible (FAS200) disposat per la UPC.

El PLC esmentat, actuarà com a “front-end” del sistema, és a dir, com una unitat de control que manipula tot el conjunt de senyals, tant d'entrada com de sortida, dels diferents PLCs propis de cada FAS.

Un altre objectiu és la supervisió remota del sistema de tal manera que les diferents ordres i estats es puguin monitoritzar i visualitzar des d'un ordinador i, per tant, facilitin l'accés a la seva informació i als possibles problemes que pugui presentar durant el seu funcionament.

1.1.1. Objectius Secundaris

L'objectiu secundari del projecte és la preparació de la FAS200 com a eina de docència per a cursos vinents donat que es seguirà una metodologia i es posaran en pràctica els coneixements adquirits durant els estudis realitzats a la universitat.

També es posarà en pràctica un llenguatge de programació, el SFC (Sequential Flow Chart), sobre la seqüència general del procés, el qual més que facilitar les tasques de desenvolupament, afavoreix la comprensió del funcionament del conjunt.

1.2.Motivació

El sector de l'automàtica cada dia té un valor més important a la indústria global ja que aporta els medis necessaris per tenir un control més precís sobre qualsevol sistema i per facilitar la supervisió de les diferents operacions que es puguin estar donant alhora en determinats moments del dia a dia. També permet un tenir un major control sobre les alarmes durant el procés i sobre les estadístiques dels productes finals, la qual cosa permet optimitzar processos segons les necessitats contextuais.

Per tant, com aquest projecte intenta aprofundir en els criteris anteriors, aporta un nivell d'aprenentatge molt útil i necessari de cara a les sortides cap al món laboral. És un pas inicial molt important per començar a tractar amb les metodologies a seguir i les errades a rectificar.

1.3. Justificació

La FAS200 és una màquina que realitza un procés de fabricació d'una peça on intervenen, en aquest cas, 6 mòduls de treball els quals venen programats de fàbrica per ser controlats de forma individual. Llavors, s'ha decidit que si l'objectiu és utilitzar aquest aparell en una vessant docent, s'han de implementar les tècniques i metodologies utilitzades a la universitat.

Aquests mòduls realitzen processos independents però que són complementaris quan s'agrupen en parelles, és a dir, els mòduls 201 i 202, 203 i 204, 207 i 208, realitzen processos en els quals han d'intervenir els dos per què es realitzin adequadament. Per tant, tot i què, cada mòdul posseeix una unitat de control particular, és convenient la implementació d'un altre PLC "front-end", per cada parella, per poder controlar el procés general i no només cada subprocés incomplet per separat, tot això, per facilitar l'enteniment del funcionament global del sistema.

1.4. Abast

L'abast del projecte comença en fer un estudi del funcionament del procés i totes les variables que intervenen i així, afavorir molt qualsevol dels passos vinents.

Es disposarà a fer la programació del PLC, el qual és Allen-Bradley, segons les necessitats de la planta i fer la relació d'entrades/sortides amb les dues unitats de control de cada FAS.

La plataforma destinada al disseny del SCADA serà In Touch de Wonderware, el qual permetrà la supervisió remota del funcionament de tot el conjunt i serà completament adequada als requeriments i necessitats per la comprensió final del funcionament del sistema.

També es realitzaran les comunicacions pertinents per produir la connexió SCADA-PLC per permetre la relació control-supervisió que es proposa al projecte.

1.5. Estructura de la Memòria

Aquest treball es divideix en 7 punts:

- **Introducció:** la qual s'està definint en aquest instant i presenta els objectius i abast del projecte.
- **Anàlisi del problema:** és on s'explicarà el treball que s'està tractant amb detalls dels processos que intervenen, el funcionament general i els requeriments demanats entre d'altres.
- **Disseny i implementació de la solució:** aquí es concretarà i justificarà el model de solució adoptat per fer funcionar tot el conjunt.

- **Proves i Resultats:** com ja especifica el títol, es representaran totes les proves que verifiquen el correcte funcionament de la FAS 207 i 208.
- **Normativa:** és on es parlarà de les normes que s'han seguit durant tot el desenvolupament de la implementació, disseny i estructuració del projecte.
- **Conclusions:** valoració final del treball i de tot el seu desenvolupament i on comentaran possibles detalls que afectin al resultat final.
- **Bibliografia:** especificació de totes les fonts utilitzades tant per fer la documentació com per realitzar tota la part pràctica.

Per últim, s'inclouran uns annexos referents al programa i a la memòria econòmica.

2. Anàlisi del Problema

En aquest punt del projecte s'explica el funcionament del procés a automatitzar per tal de definir, posteriorment, la solució implementada en funció d'aquest anàlisi. Així com els equips que intervenen i els requisits tant funcionals com de disseny que estan presents.

2.1. Descripció del Procés a Automatitzar

El procés que es desenvolupa a les cèl·lules FAS tractades, la 207 i la 208, es basa en les diferents accions que poden fer de forma individual però que resulten complementàries si es busca aconseguir l'objectiu final.

Aquest dos mòduls realitzen un procés de selecció dels eixos, el qual està basat en dues parts: la detecció i l'execució. La FAS 207 s'encarrega de la part de detecció ja que proveeix al sistema de sensors i actuadors que es fan servir per verificar els dos paràmetres que intervenen per decidir si la peça és correcta: l'orientació i el material amb el qual està feta. Encara que aquest mòdul també disposa d'actuadors com els cilindres d'entrada dels eixos o el propi moviment dels cilindres que permeten l'avanç de les peces cap a les següents posicions, no en té cap organisme que executi moviments de rebuig o acceptació de les mateixes. És la pròpia FAS 208 la que realitza aquest procés ja que disposa de una font per poder rebutjar els eixos que es consideren incorrectes i altre per inserir els seleccionats com a correctes.



Figura 2.1. FAS 207, a l'esquerra, i FAS 208, a la dreta, amb tots els components que les conformen.

El paràmetre de l'orientació es deu a que les peces, les qual són emmagatzemades en un tub vertical anomenat subministrador per gravetat, poden caure sobre el sistema amb l'orientació correcta o no. Llavors, en un posició més avançada es detecta aquesta variació i sempre que una peça estigui incorrectament posicionada passa a ser rebutjada del sistema.

L'altre paràmetre, basat en la composició dels propis eixos, permet diferenciar el material amb el que estan fets: alumini o nylon. La diferència amb l'anterior paràmetre, és que aquí es pot escollir entre un material o l'altre segons les necessitats circumstancials.

Les peces rebutjades es queden a una zona que permet tornar a agafar-les per que puguin tornar a fer tot el procés de selecció.

Les peces correctes són inserides a un palet que ve transportat per una cinta mòbil, el qual queda parat davant el sistema fins que contingui l'eix. Llavors fins que no arribi un altre palet a la zona d'aquests dos mòduls, el sistema queda parat.



Figura 2.2. Representació de la cinta amb el “stopper” per poder mantenir el palet en posició mentre arriba l'eix correcte.

2.2. Sistema de Control

En primer lloc, es definiran tots els processos que intervenen per separat amb els elements pertanyents a cadascun i amb això, procedir amb el funcionament del sistema general.

2.2.1. FAS 207

Aquest mòdul té quatre subsistemes diferenciats:

Plat Giratori

Aquesta part s'encarrega de proporcionar moviment, en aquest cas rotatori, als diferents eixos que van entrant al sistema, per tal de fer les diferents comprovacions necessàries d'orientació i material per tal de discernir si la peça és correcta o no. A part de proporcionar el moviment, també disposa de 8 posicions diferents on es situen i queden immòbils les peces tractades. Aquestes posicions estan a una distància de 45° entre sí.



Figura 2.3. Representació del plat giratori sobre las FAS 207.

Aquest moviment que el plat proporciona es deu a la actuació de dos cilindres neumàtics: un de bloqueig de moviment i un altre d'avanç. El primer és un cilindre mòbil, el qual té la funció de subjectar el plat mentre avança i el bloqueja un cop està parat. I el segon s'encarrega de permetre aquest moviment rotatori, el qual pot ser tant horari com antihorari. La diferència entre aquests dos només recau en l'ordre en què s'activin els dos cilindres.



Figura 2.4. Elements pertanyents al plat giratori.

El moviment horari és el que s'utilitza sempre ja que la FAS està dissenyada de forma que a mesura que avança, es va trobant les diferents comprovacions i els diferents processos de selecció. Per tal de realitzar aquest moviment ha de seguir el següent procés:

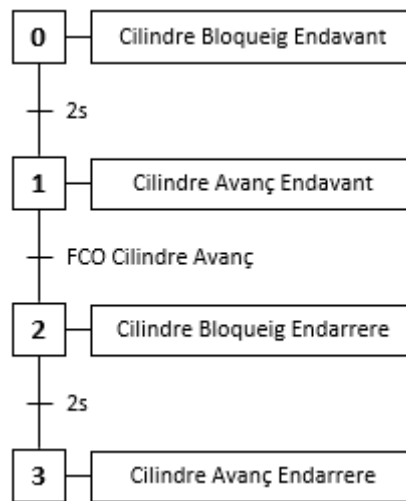


Figura 2.5. Seqüència que realitza el plat per girar de forma horària.

Com es pot veure al GRAFCET de la *Figura 2.5*, s'utilitza primer el cilindre de bloqueig fins que passen 2 segons, i llavors s'activa el d'avanç fins que arriba al seu FCO (final de carrera obert) i es quan es desactiva primer el de bloqueig i després el d'avanç.

El moviment antihorari, tot i què no té una utilitat directa sobre el sistema si que s'utilitzarà en un cas en particular per facilitar la seqüència final. Per tal de dur a terme aquest moviment s'utilitza la següent combinació de cilindres:

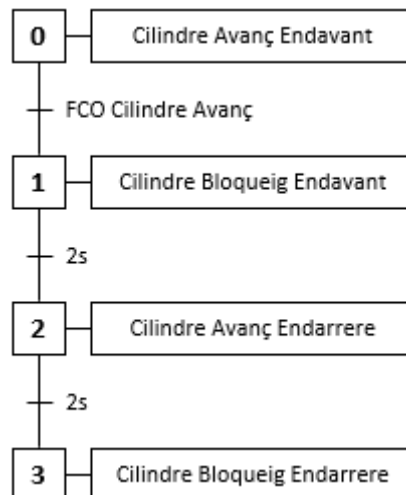


Figura 2.6. Seqüència que realitza el plat per girar de forma antihorària.

A la *Figura 2.6*, es pot veure que només es produeix un canvi d'ordre a l'activació dels cilindres del plat.

Equips Plat Giratori

Actuadors:

- Cilindre Avanç: 1 cilindre de doble efecte de diàmetre 25mm, carrera: 40mm, amb reguladors de caudal i detector de posició inicial. Controlat per una electrovàlvula monoestable 5/2.
- Cilindre de bloqueig: 2 cilindres de doble efecte de diàmetre 16mm i carrera: 10mm. Controlats per una electrovàlvula monoestable 5/2.

Sensors:

- 1 Detector magnètic tipus Reed (Detector posició inicial del cilindre d'avanç).

Subministrament de peces

El subministrament s'encarrega de proveir de peces al sistema per tal de que es puguin realitzar tots els processos de selecció.

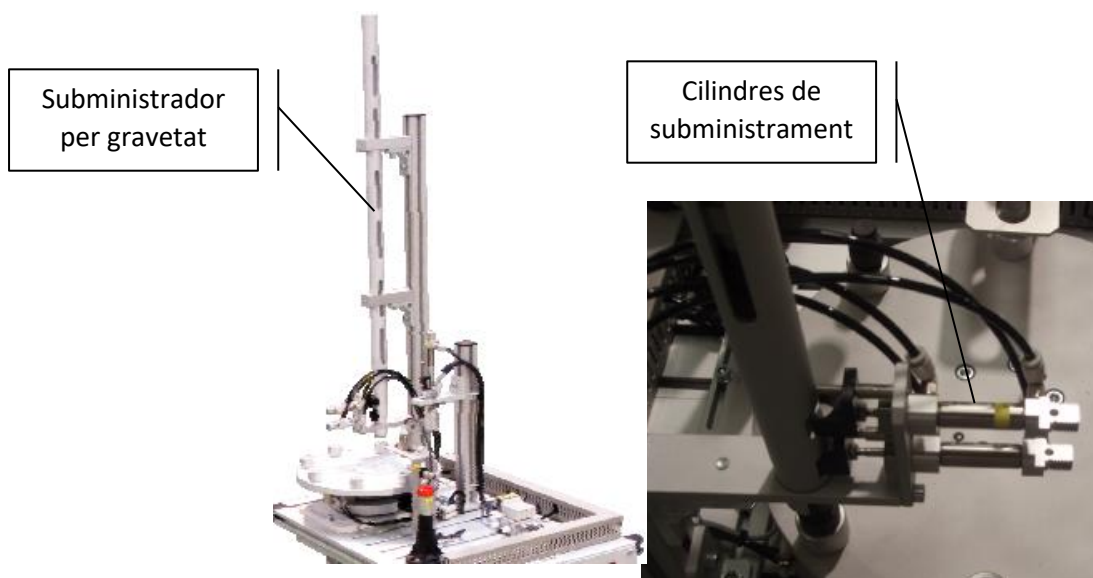


Figura 2.7. Representació del mòdul de subministrament de peces, a la esquerra, el qual està format pel tub vertical allargat amb els dos cilindres, representats a la imatge de la dreta, a la part inferior.

Aquest subsistema, representat a la *Figura 2.7*, està format per 2 cilindres pneumàtics controlats per la mateixa electrovàlvula, els quals tenen posicions contraposades de manera que mentre un s'obre per deixar caure un eix, l'altre es tanca per subjectar la resta i un cop fet, tornen a la posició inicial. Aquestes peces estan al subministrador per gravetat on estan apilades i van caient a mesura que aquests cilindres van canviant d'estat. Té una capacitat màxima de 17 eixos.

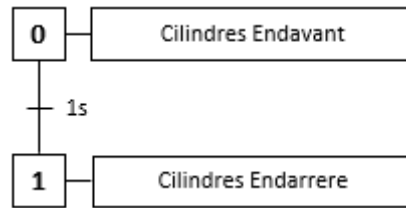


Figura 2.8. Seqüència de subministrament de eixos.

Tal i com es pot veure a la *Figura 2.8*, només es requereix de dues accions per poder actuar.

Equips Subministrament de peces

Actuadors:

- 2 Cilindres de doble efecte de diàmetre 10mm, carrera: 10mm. Controlats per una única electrovàlvula monoestable 5/2.

Comprovació de la orientació de la peça

Aquesta part té l'objectiu de comprovar si la peça ha estat subministrada amb la orientació correcta o no.

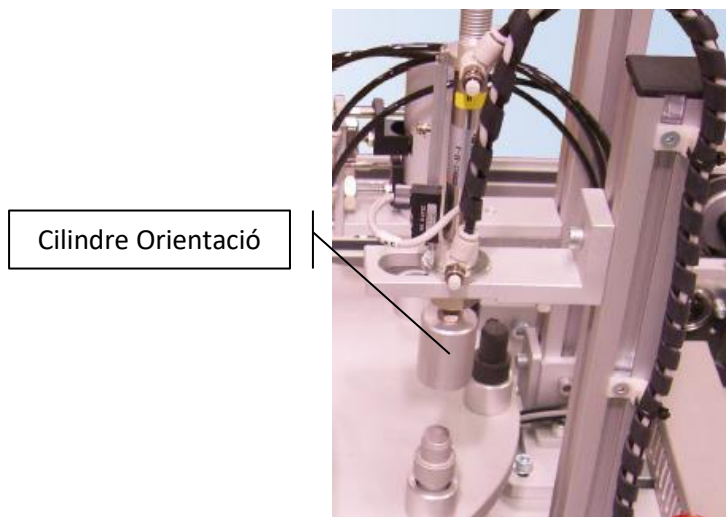


Figura 2.9. Imatge del actuator vertical controlat per comprovar l'orientació dels eixos

Per tal de dur a terme aquesta comprovació, disposa d'un cilindre neumàtic orientat verticalment, com es veu la *Figura 2.9*, el qual quan rep l'ordre, es desplaça cap a baix. Si la peça està orientada de forma correcta, el cilindre arribarà fins al detector de final de carrera, i en el

cas que no hi hagi cap peça també arribarà al final. En canvi, si esta orientada incorrectament, el cilindre no arriba a aquest punt i, per tant, es considera per rebutjar.

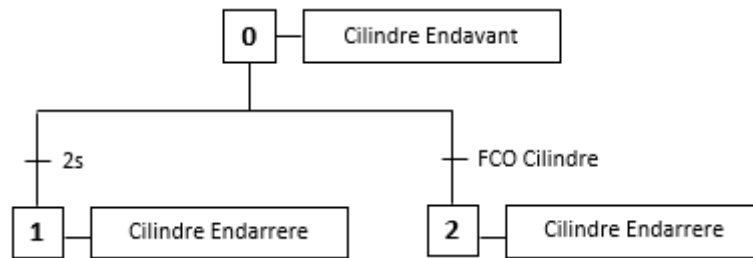


Figura 2.10. Seqüència per verificar la correcta orientació de la peça.

En aquest cas, representat a la *Figura 2.10* el cilindre avança i si arriba al final de carrera, es considera que l'eix està ben orientat o que no n'hi ha. En canvi, si passen 2 segons i el detector encara no s'ha activat, es considera que és un eix incorrecte.

Equips Comprovació de l'orientació

Actuadors:

- 1 Cilindre de doble efecte de 12mm de diàmetre, carrera: 50mm, amb reguladors de caudal i detector de posició final. Controlat per una electrovàlvula monoestable 5/2.

Sensors:

- 1 Detector magnètic tipus Reed (Detector posició final cilindre).

Detecció de peça i material

En aquesta posició del sistema es dur a terme la comprovació d'existència d'una peça, ja que com s'ha vist anteriorment, encara que la orientació de la mateixa pugui ser correcta, no significa necessàriament que existeixi. Per tal de fer aquest reconeixement, hi ha un sensor capacitiu.

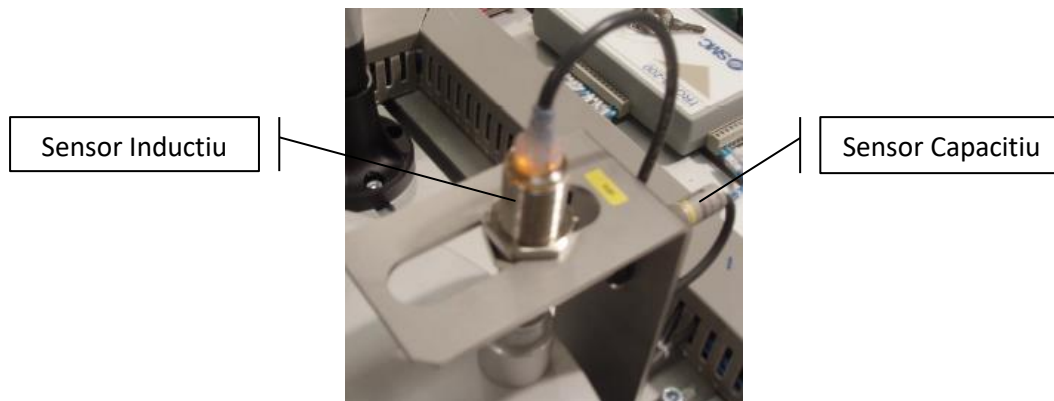


Figura 2.11. Representació del sensor encarregat de detectar l'existència de peça i el material amb la que està feta.

Cal destacar que els eixos poden ser d'alumini o de nylon. Llavors, per detectar aquesta diferència, es disposa d'un sensor inductiu que detectarà qualsevol material metàl·lic com és l'alumini però, en canvi, no detectarà res en el cas del nylon.

En aquest punt no es dur a terme cap seqüència ja que només hi han dos sensors just a sobre de l'eix a comprovar.



Figura 2.12. Representació, a la part dreta de la imatge, els dos tipus de peces, nylon a dalt i alumini a baix.

Equips Detecció de peça i material

Sensors:

- Detector inductiu : OMRON.
- Detector capacitiu: OMRON.

2.2.2. FAS 208

Aquest mòdul té 2 subsistemes diferenciats.

Rebuig del eix incorrecte

El procés de rebuig es dona quan un eix no compleix els requisits establerts tant d'orientació com de material. En aquest cas, l'eix es extret del plat i es trasllada a una zona on estan la resta de peces incorrectes.

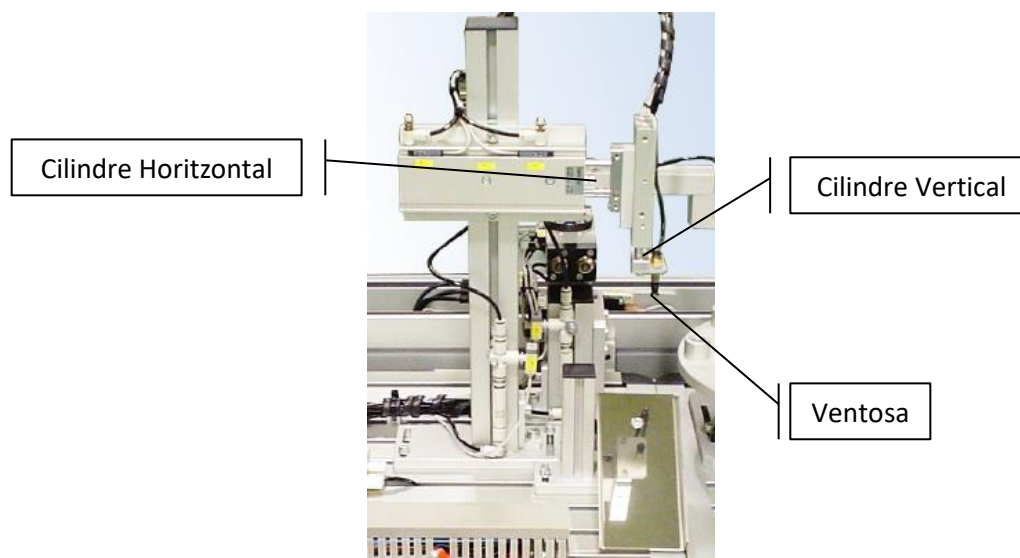


Figura 2.13. Representació de l'organisme encarregat de rebutjar els eixos incorrectes.

Aquest subsistema està conformat per 2 cilindres pneumàtics: un d'ells treballant a l'eix vertical i l'altre a l'horitzontal. A més, té una ventosa en el seu extrem, com es pot veure a la *Figura 2.13*, per tal d'agafar les peces i transportar-les del plat a la zona de rebuig. Tot això seguint la següent seqüència:

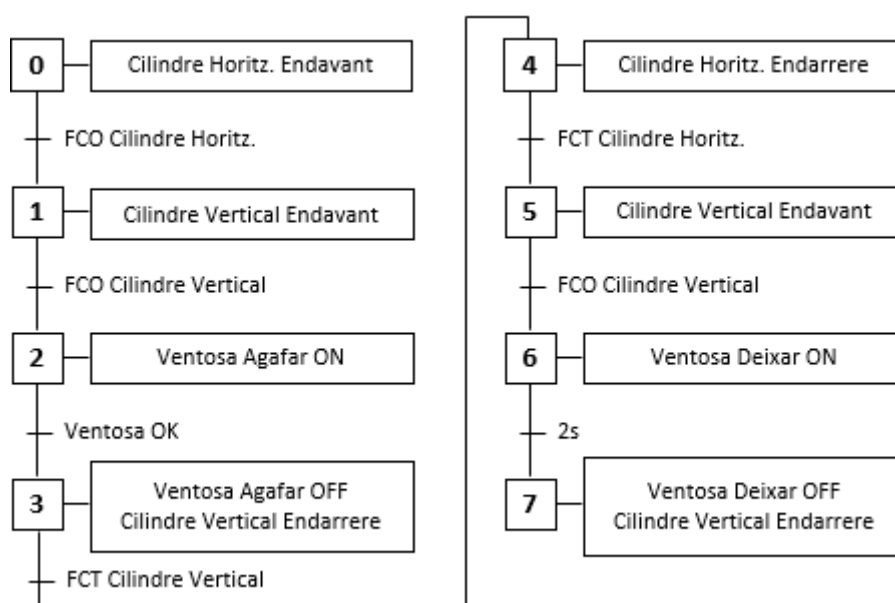


Figura 2.14. Seqüència d'accions a realitzar per rebutjar una peça incorrecta.

En primer lloc, el cilindre horitzontal, el qual està en posició inicial, va cap endavant i es situa a sobre del plat, quan arriba al seu final de carrera, el cilindre vertical baixa cap a on està situada la peça i un cop detecta posició final, la ventosa s'activa fins que el sensor indica que l'eix ja està ben agafat i ja es pot desactivar la senyal. Seguidament, es torna a pujar el cilindre vertical i un cop a dalt es detecta el seu FCT (final de cursa tancat), es tira cap endarrere l'horitzontal. Per últim, el vertical torna a baixar, però ara cap a la zona de rebuig i s'activa la senyal de deixar la peça durant dos segons i el cilindre neumàtic vertical torna a la posició inicial.

Equips Rebuig de l'eix incorrecte

Actuadors:

- Cilindre horitzontal: cilindre de doble efecte, 15mm de diàmetre, carrera: 100mm, amb reguladors de caudal i detectors de posició inicial i final. Controlat per una electrovàlvula biestable 5/2.
- Cilindre vertical: cilindre de doble efecte, 10mm de diàmetre, carrera: 50mm, amb reguladors de caudal i detectors de posició inicial i final. Controlat per una electrovàlvula monoestable 5/2.
- Ventosa: 8mm de diàmetre, amb ejector de generació de buit. Controlat per una electrovàlvula biestable 3/2.

Sensors:

- 4 detectors magnètics tipus Reed (els 4 detectors de posició inicial i final dels 2 cilindres).
- Detector de buit.

Inserció del eix correcte

Finalment, si la peça ha passat els filtres d'orientació i de material, passa a ser traslladada a un palet, el qual és el punt final de tot el sistema.

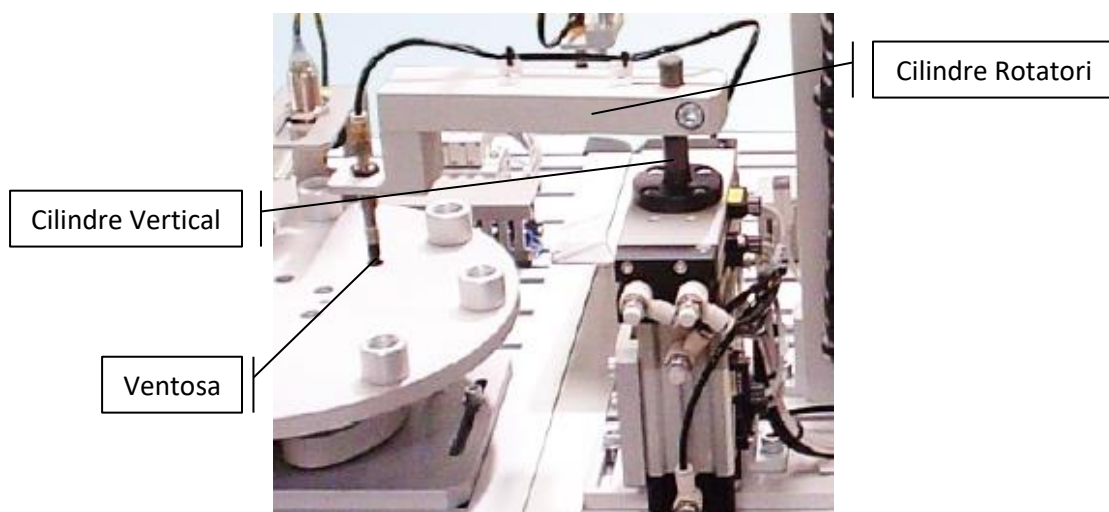


Figura 2.15. Representació de l'organisme encarregat d'inserir els eixos correctes al palet de la cinta

En aquest cas, interaccua un cilindre neumàtic que proporciona el moviment vertical per poder arribar a on està el plat i a on està el palet on serà inserit l'eix. També disposa d'un altre cilindre que proporciona un moviment giratori i d'una ventosa per agafar les diferents peces. La següent seqüència mostra aquest procés:

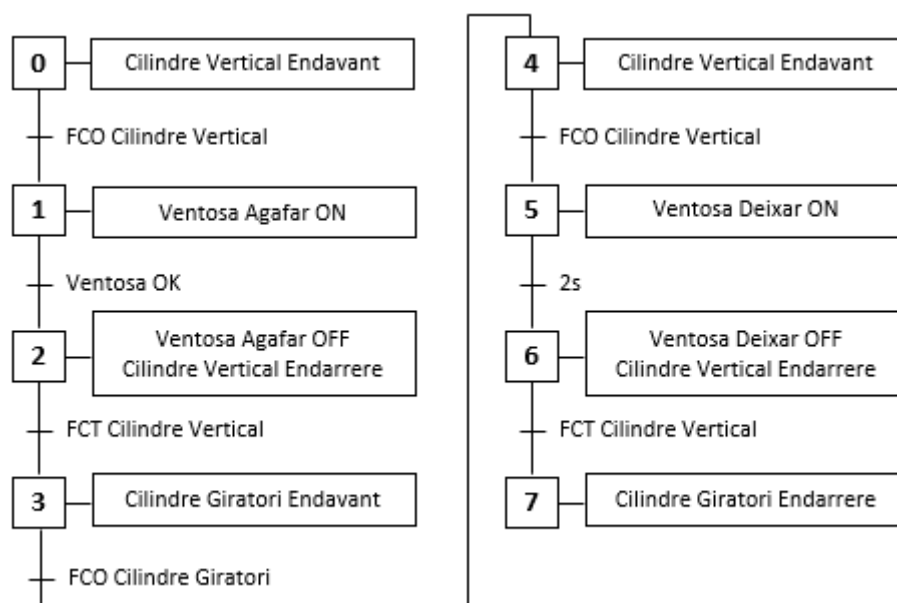


Figura 2.16. Seqüència d'accions a realitzar per inserir una peça correcta sobre el palet de la cinta.

La seqüència de la *Figura 2.16* és similar a la del procés anterior de rebuig amb la diferència que en aquest intervén un cilindre que produeix un moviment rotacional mentre que a l'anterior, proporcionava un lineal.

Equips Inserció del eix correcte

Actuadors:

- Cilindre compacte de moviment lineal i rotatiu, de 32mm de diàmetre, carrera: 25mm, amb reguladors de caudal, detectors de posició inicial i final en moviment lineal i de 0° i 180° en moviment rotatiu. Controlat per dues electrovàlvules monoestables 5/2.
- Ventosa: 10mm de diàmetre, amb ejector de generació de buit. Controlat per una electrovàlvula monoestable 3/2.

Sensors:

- 4 detectors magnètics tipus Reed (els 4 detectors de posició inicial i final dels 2 cilindres).
- Detector de buit.

2.2.3. Dades tècniques FAS 207

- Dimensions:
Taula en perfil d'alumini, 450 x 582 mm. Altura 900mm.
- Unitat de tractament d'aire:
Filtre de 5um, amb regulador de pressió i manòmetre indicador.
- Botonera de comandament:
Polsadors de marxa, aturada i rearmament. Seta d'emergència, interruptor general on/off, selector de mode de funcionament (auto-man), pilots lluminosos indicadors de falta de material i d'alarma.
- Panell elèctric:
 - Muntat sobre malla perforada.
 - Bornes accessibles amb connexions d'alimentació i d'entrades/sortides codificades.
 - I/O mòdul: 8 entrades, 6 sortides.
 - Font d'alimentació: 24V/60W.
 - PLC de control:
 - CPU amb entrades/sortides digitals
 - Targeta de comunicacions per a la connexió a la xarxa de PLCs.

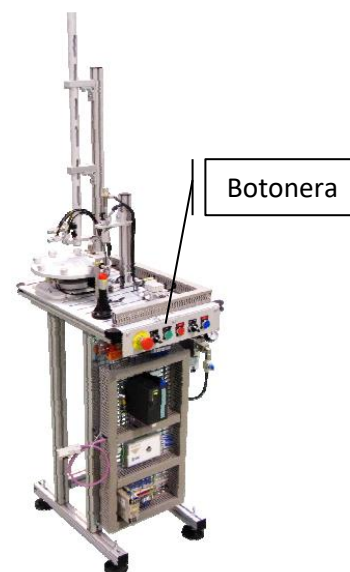


Figura 2.17. Conjunt de la FAS 207.

2.2.4. Dades tècniques FAS 208

- Dimensions:
Taula en perfil d'alumini, 450 x 582 mm. Altura 900mm .
- Unitat de tractament d'aire:
Filtre de 5um, amb regulador de pressió i manòmetre indicador.
- Botonera de comandament:
Polsadors de marxa, aturada i rearmament. Seta d'emergència, interruptor general on/off, selector de mode de funcionament (auto-man), pilot lluminós indicador d'alarma.
- Panell elèctric:
 - Muntat sobre malla perforada.
 - Bornes accessibles amb connexions d'alimentació i d'entrades/sortides codificades.
 - I/O mòdul: 18 entrades, 11 sortides.
 - Font d'alimentació: 24V/60W.
 - PLC de control:
 - CPU amb entrades/sortides digitals
 - Targeta de comunicacions per a la connexió a la xarxa de PLCs.

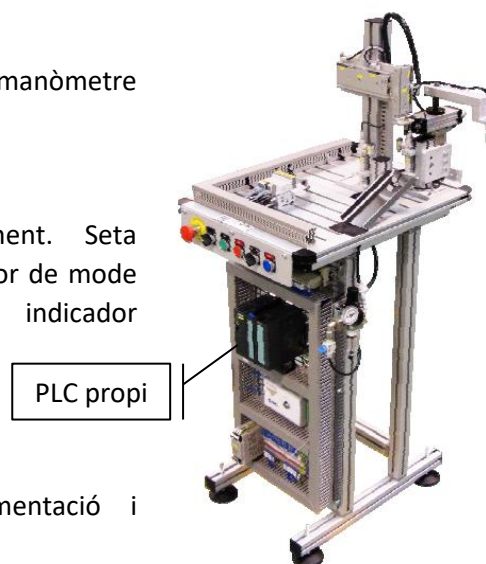


Figura 2.18. Conjunt de las FAS 208

2.3. Requeriments Funcionals

Els requisits que estableixen com ha de comportar-se un sistema s'anomenen requeriments o especificacions funcionals.

Requisit	Descripció
RF01	El sistema només funcionarà quan estigui en estat remot
RF02	L'estat remot només s'assolirà si ambdós mòduls (FAS 207 i 208) estan en remot
RF03	Quan el sistema passi a estat remot, es trobarà en mode manual
RF04	El concepte de mode manual i automàtic s'aplica a tot el conjunt del sistema i no als elements de forma individual.
RF05	Si s'activessin alhora tant el botó de manual com el d'automàtic, el sistema es posaria en mode manual
RF06	El mode manual estarà limitat a seguir la mateixa seqüència que el mode automàtic per impedir accions incorrectes que puguin malmetre les dades dels registres
RF07	El programa podrà funcionar en el mode manual encara que el palet no estigui en posició de recollida
RF08	El programa no funcionarà en mode automàtic si el palet no està en posició de recollida
RF09	La transició de mode automàtic a manual sempre es farà un cop hagi acabat la seqüència en curs
RF10	La transició de mode manual a automàtic serà directa
RF11	Si hi ha un alarma a qualsevol element, el sistema passarà a estar en estat d'alarma
RF12	Si el sistema passa a estar en estat d'alarma, tots els elements quedaran inutilitzats fins que es restableixi tant l'alarma de l'element/s primer i l'alarma de sistema per últim
RF13	Els estats d'alarma es restabliran amb el botó de RESET sempre que la condició d'alarma s'hagi anul·lat
RF14	Totes les alarmes relacionades amb els detectors de final de carrera dels cilindres s'activaran si en 3s no han arribat al seu destí.

Taula 2.1. Contingut dels requeriments funcionals del sistema.

2.4. Requeriments de Disseny

En aquest apartat es defineixen els requisits que no tenen relació amb la part funcional del sistema, els quals es basen en parts purament estètiques o per facilitar la comprensió a l'hora de supervisar o monitoritzar dades de la planta.

Classificació	Requisit	Descripció
Finestres i navegació	RD01	El SCADA tindrà un disseny basat en la comprensió i la senzillesa buscant la vessant purament funcional
	RD02	El sinòptic principal mostrarà el plat i les posicions subjectes a accions tindran animacions per veure el que succeeix en cada moment
	RD03	Cada posició del plat amb un procés darrera mostrarà una finestra de procés i un altre dels elements que conté
	RD04	La finestra de procés mostrarà un GRAFCET amb la seqüència a seguir per dur a terme les diferents accions i així facilitar la seva comprensió
	RD05	La finestra dels elements mostrarà cada element que intervé en la posició seleccionada i les diferents accions adherides al mateix junt amb possibles detectors de final de cursa
	RD06	Hi haurà una finestra de SISTEMA on es podrà visualitzar l'estat del sistema el mode i si està en alarma
	RD07	Hi haurà una finestra d'ALARMES on es podran veure totes les alarmes actives o inactives en tot moment
	RD08	A la pantalla principal també es mostrarà si el palet està en posició de recollida i si el sistema està en alarma
	RD09	Es podrà accedir a qualsevol finestra en menys de dos passos per agilitzar els canvis
	RD10	S'habilitarà un botó de sortida en forma de creu a la cantonada superior dreta a totes les finestres "Pop-up"
Codi de colors	RD11	Els estats de marxa o actius seran de color verd
	RD12	Els estats d'aturat o inactius seran de color gris
	RD13	Els estats d'alarma seran de color vermell
Programa PLC	RD14	La seqüència principal del programa així com la de cada procés per separat es realitzarà en SFC (Sequential Flow Chart) per facilitar la seva comprensió
	RD15	Es crearà un programa de la part funcional separat de la part dels elements, inputs, outputs i comunicacions
Tags	RD16	Els noms dels tags seran els mateixos tant a SCADA com al programa de PLC
		Els noms dels tags s'han conformat per permetre la seva ràpida comprensió i enteniment

Taula 2.2. Contingut dels requeriments de disseny del sistema.

2.5. Metodologia de Desenvolupament

A continuació s'explica la metodologia i passos a seguir per realitzar un projecte d'aquest tipus.

- 1) Agrupar tota la informació necessària per comprendre el funcionament general de la planta així com fer un anàlisi previ on es determina el conjunt d'objectius i abast del projecte.
- 2) Definició del fitxer d'intercanvi on s'identifiquen totes les entrades, sortides, estats i ordres que es poden extreure del sistema per poder funcionar.
- 3) Programació de tots els elements del sistema per separat per poder conformar el mode manual
- 4) Programació de la seqüència que ha de seguir el sistema per poder muntar el mode automàtic
- 5) Muntatge del SCADA que permeti la visualització fàcil dels estats i la realització d'ordres referents al programa PLC.
- 6) Connexió del SCADA amb el PLC emulat per poder comprovar si les diferents accions es van reproduint de forma correcta.
- 7) Proves FAT (Factory Acceptance Testing) per comprovar el funcionament correcte del programa. Encara que no es disposi d'una simulació de la planta real, es poden anar modificant les entrades i sortides per que sembli una simulació.
- 8) Proves SAT (Site Acceptance Testing) al laboratori on es pot concloure el funcionament del sistema, identificar i corregir els errors i optimitzar el procés el màxim possible.

Durant aquest procés s'anirà conformant la memòria del projecte on es veurà reflectit tot això i finalment unes conclusions on es farà una valoració final de tot el que respecta al mateix.

2.6. Planificació de les tasques

En aquest apartat es mostra la programació de dades amb la qual es posarà en pràctica la metodologia de desenvolupament de l'apartat anterior. Només cal recalcar que les proves SAT, tot i què tenen un rang de dates ampli, la duració és de 7 dies ja que les mateixes es podien dur a terme els divendres tarda i algun dijous al laboratori d'automàtica de l'EEBE.

Tasques	Data Inici	Data final	Duració
Automatització FAS 207 i 208			
Definició Objectius i Abast del Projecte	07/01/19	09/01/19	2d
Funcionament General Sistema	10/01/19	15/01/19	6d
Definició de Tots els Tags	16/01/19	26/01/19	11d
Programació Mode Manual	27/01/19	10/02/19	15d
Programació Mode Automàtic	11/02/19	24/02/19	14d
SCADA	25/02/19	17/03/19	21d
Proves FAT	18/03/19	28/03/19	11d
Proves SAT	22/03/19	19/04/19	7d
Memòria Escrita	07/01/19	26/04/19	4m

Taula 2.3. Representació dels diferents passos a realitzar amb les dates i duració programades.

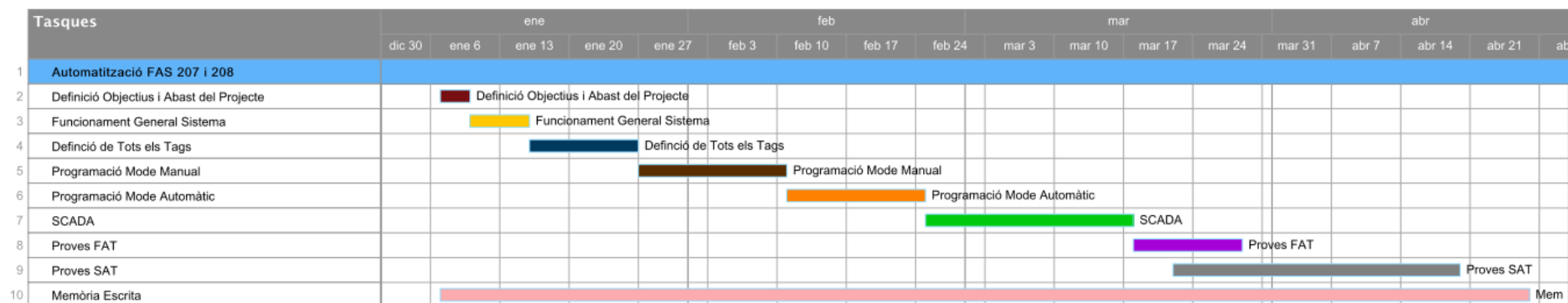


Figura 2.19. Representació del diagrama de Gantt del projecte.

3. Disseny i Implementació de la Solució

En aquest capítol s'explicaran les solucions adoptades per resoldre el procés d'automatització explicat anteriorment, així com els dispositius que intervenen i les connexions entre ells per poder realitzar el control i la supervisió sobre el sistema.

3.1. Arquitectura del Sistema de Control

3.1.1. Hardware del Sistema

El hardware que disposa el sistema tractat té les següents unitats de control de Allen-Bradley:

1 CompactLogix 1769-L16ER-BB1B:

S'utilitza com a "front-end" del sistema i té les següents característiques:

- Memòria de treball: 348kB
- Nombre màxim de mòduls d'expansió: 6 - 1734 POINT I/O mòduls
- 2 ports EtherNet/IP
- 1 port USB
- Llenguatges de programació: Ladder (LD), Structured Text (ST), Function Block (FB), Sequential Flow Chart (SFC)



Figura 3.1. Unitat de control CompactLogix de Allen-Bradley.

2 MicroLogix 1766-I32BXBA:

Disposats a cada mòdul de las FAS i encarregats de rebre les senyals de la planta i permetre la lectura i escriptura del CompactLogix sobre les àrees de memòria disposades.



Figura 3.2. Unitat de control MicroLogix de Allen-Bradley.

3.1.2. Software del Sistema

El software del sistema representen tots aquells programes que s'hagin empleat per poder dur a terme tot el procés de programació i disseny del controlador i del SCADA. S'ha utilitzat un màquina virtual subministrada per la universitat amb sistema operatiu Windows 7 i la qual es podia executar mitjançant el software de VMWare Workstation 15 Player. A més s'han utilitzat els següents components de software per tractar amb el controlador:

- **RSLogix 5000:** eina per realitzar tota la programació de control sobre el PLC i la missatgeria amb els altres dos dispositius de control de les diferents FAS.
- **RSLinx Classic:** programa que permet definir els drivers de comunicacions que s'han d'utilitzar per la connexió entre els diferents sistemes. També permet la comunicació DDE/OPC per fer proves entre SCADA i PLC.
- **RSLogix Emulate 5000:** eina d'emulació de PLC per realitzar les proves FAT.

Respecte al software per desenvolupar l'aplicació SCADA:

- **Wonderware In Touch:** software de disseny de l'aplicació SCADA que permet la supervisió del sistema.

A més, s'ha fet servir una eina de simulació de la FAS:

- **AutoSIM-200 V4:** software de simulació de la FAS proporcionat per SMC. S'ha utilitzat sobre tot a les primeres etapes del projecte per comprendre el funcionament del sistema d'una forma visual sense haver d'estar present al laboratori.

3.1.3. Comunicacions SCADA-Controlador-Procés

A continuació es mostrarà una vista global de les comunicacions de tot el sistema amb tot el hardware, ja comentat, inclòs.

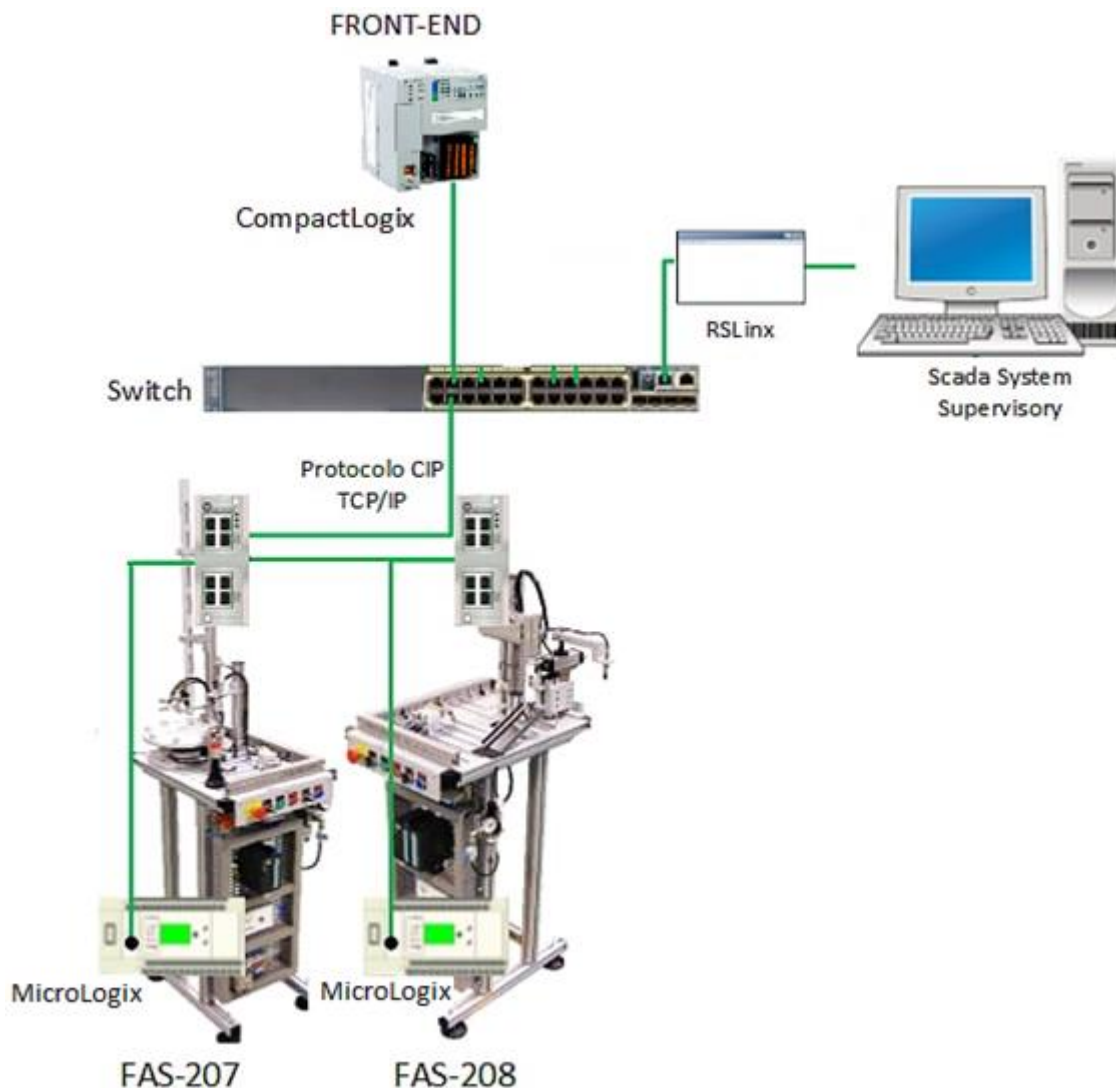


Figura 3.3. Vista global de les comunicacions del sistema

Com es pot observar, totes les comunicacions es fan via protocol Ethernet/IP i a tots els PLCs se li ha assignat un IP fixa per facilitar el procés de posta en marxa i fer les proves necessàries.

- IP MicroLogix FAS 207: 130.130.130.7
- IP MicroLogix FAS 208: 130.130.130.8
- IP CompactLogix "Front-end": 130.130.130.28

El ordinador utilitzar no té una IP fixa però sempre ha d'estar en el domini utilitzat per les altres (130.130.130.XX) per poder connectar-se adequadament a la xarxa.

Aquestes comunicacions són possibles gràcies al software RSLinx Classic ja que permet definir els drivers que s'han d'utilitzar i un cop fet, detecta tots els dispositius a la xarxa amb aquest tipus de comunicacions.

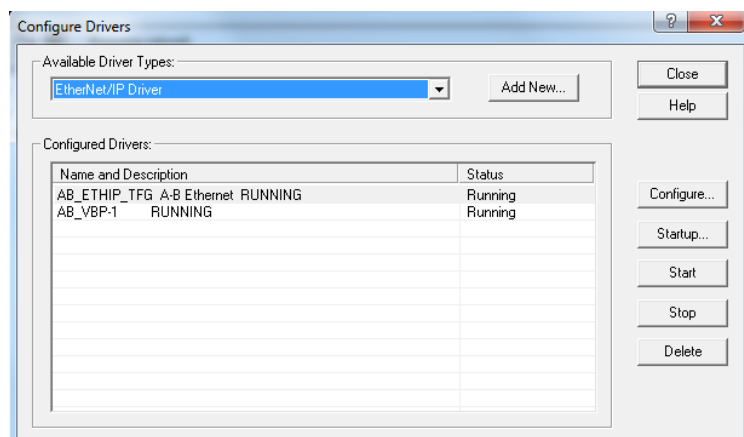


Figura 3.4. Finestra on es defineixen els drivers de comunicacions, en aquest cas, EtherNet/IP.

A la *Figura 3.4* es pot veure com es defineixen els drivers i a més, es pot assignar un nom a cadascun d'ells per. En aquest cas estem parlant del AB_ETHIP_TFG com a driver. Un cop definit aquest, la finestra RSWho reconeix tots els sistemes amb aquest tipus de connexió.

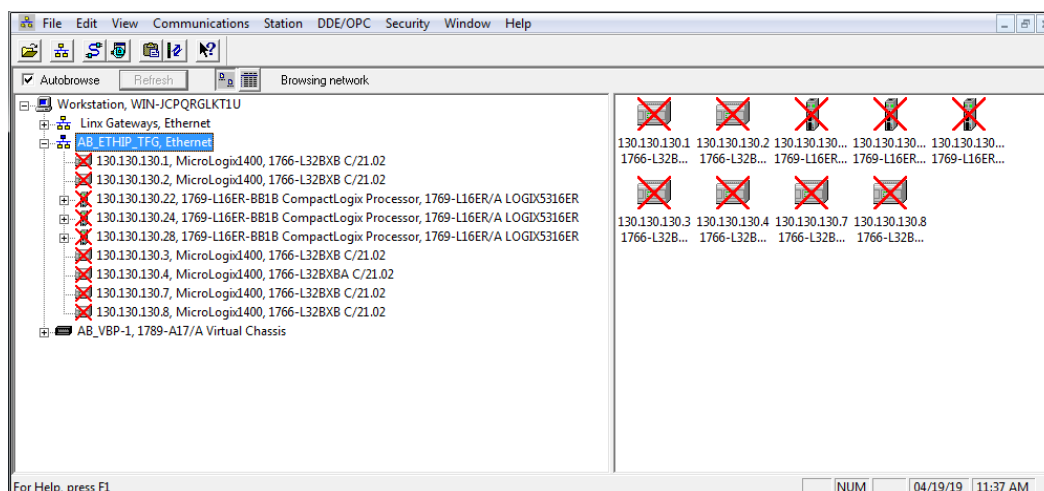


Figura 3.5. Finestra on es veuen els dispositius amb el driver definit anteriorment.

Com es pot observar a la *Figura 3.5*, del driver EtherNet/IP surten una sèrie de IPs les quals estan relacionades amb tots els MicroLogix de la FAS200 i alguns CompactLogix amb les IPs fixades. De tots aquests dispositius només s'utilitzaran aquells amb les IPs esmentades anteriorment.

A part de detectar i interconnectar dispositius, RSLinx també permet assignar Tòpics al controlador utilitzat per poder realitzar les connexions via DDE/OPC i així fer la relació entre la unitat de control i el SCADA.

Per altra banda, els controladors de cada FAS es comunicaran amb el PLC “front-end” mitjançant missatgeria com es pot veure en el següent fragment de codi de la unitat de control:

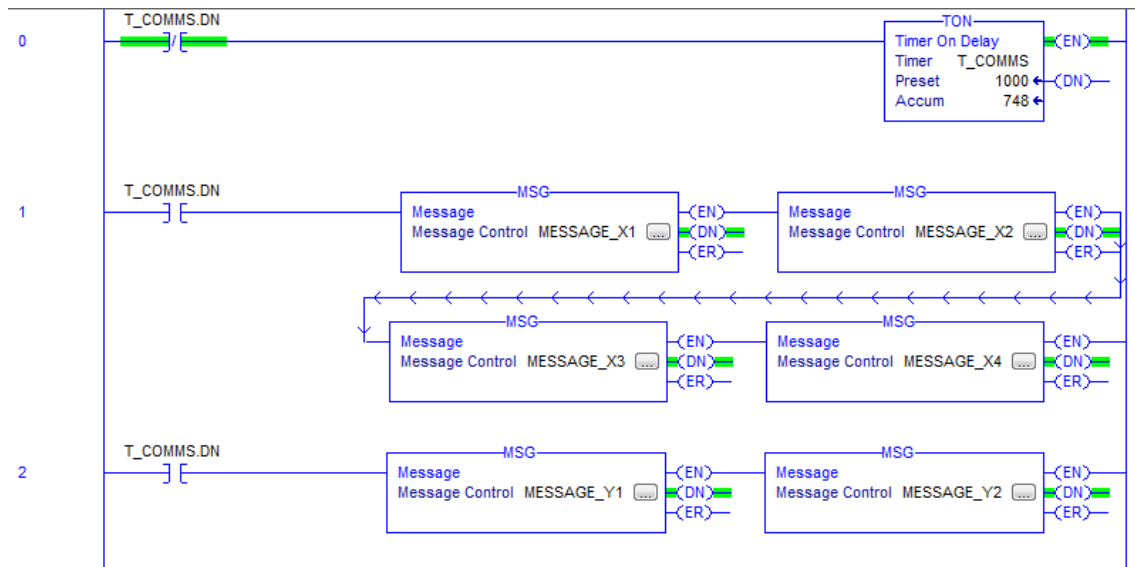


Figura 3.6. Fragment del programa on s'especifiquen les comunicacions entre PLCs.

Com es pot veure a la *Figura 3.6*, les comunicacions es realitzen amb aquests blocs denominats MSG (missatge), els quals es definiran més endavant.

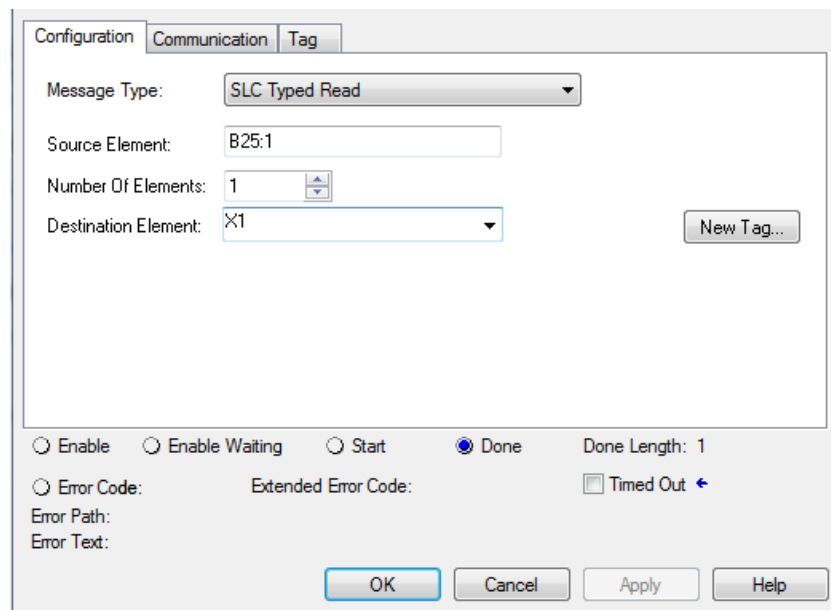


Figura 3.7. Pantalla de configuració d'un bloc MSG de lectura.

A la *Figura 3.7*, es pot veure com es configura cada bloc. En aquest cas, es defineix el “Message Type” com SLC Typed Read ja que és l'adequat per les comunicacions de lectura entre PLCs CompactLogix i MicroLogix. El “Source Element” especifica el registre del MicroLogix del que

prové la informació i el “Destination Element” és la variable creada al controlador CompactLogix on es traslladarà la informació.

En el cas d’escriptura, només canvia el fet de que el “Source Element” serà una variable del CompactLogix i el “Destination Element” és un registre del MicroLogix. Tot això definint el “Message Type” com a SLC Typed Write.

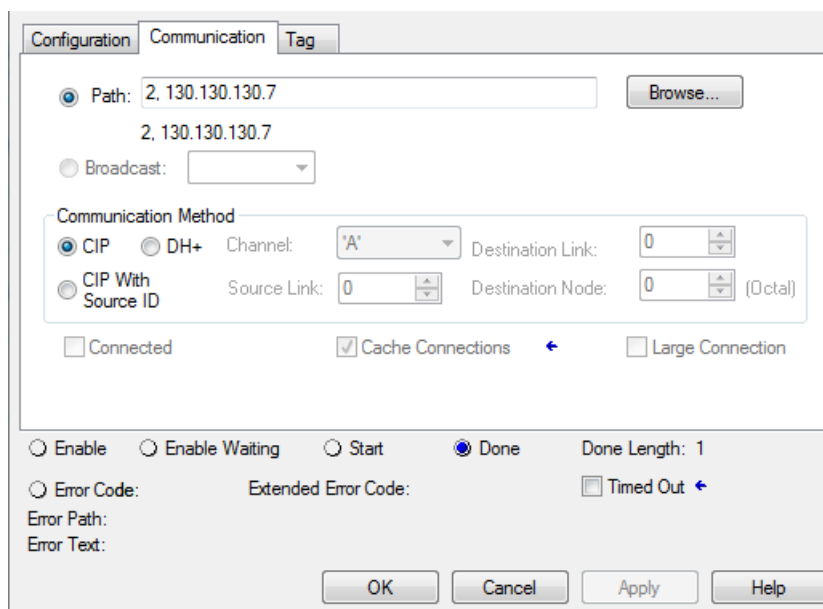


Figura 3.8. Pantalla de comunicació d’un bloc MSG.

La pantalla de comunicacions és comuna tant a la lectura com a l’escriptura i especifica la ruta a seguir pel PLC CompactLogix per poder llegir o escriure sobre els altres. Com es pot veure a la *Figura 3.8*, es defineix la IP del PLC MicroLogix pertinent.

3.2. Descomposició del Problema de Control

Primer, s'ha acordat la codificació que tindran tots els elements per tal que sigui intuïtiva i fàcil d'entendre. Per reduir el nombre de senyals que s'havien de crear al programa s'han utilitzat els UDT (User Data Types) o classes, on es defineixen totes les senyals relacionades amb aquestes i així, tots els elements que tenen les mateixes, s'agruparan dins d'aquesta classe.

A l'hora de realitzar la programació, s'han tingut molt en compte una estructuració ben dissenyada organitzada en subrutines, les quals representen agrupacions independents de codi que realitzen accions diferents.

També s'ha de tenir present que el programa incorpora dos modes de funcionament, el mode manual, on es pot intervenir en cadascun dels elements d'una forma directa i sense seguir cap ordre, i el mode automàtic, on es segueix una seqüència ja programada i no s'ha de intervenir en res amb l'excepció de l'aparició d'alarmes.

Un cop realitzada la programació dels diferents modes, es procedirà amb les proves necessàries per verificar el seu funcionament.

3.3. Codificació dels Elements i Sistemes

En aquest apartat s'explicarà la codificació o nomenclatura de tots els elements i senyals que hi ha al sistema, la qual cosa representa una part vital a l'hora d'entendre tota la programació de forma fàcil.

A continuació s'explicarà la metodologia que s'ha seguit per codificar cadascun dels elements i sistemes, la qual està basada en les definides durant els estudis a la universitat i està basada en l'anglès com a idioma més internacional.

Primer, amb l'objectiu de codificar els elements, s'ha utilitzat primer la lletra F (provinent de FAS) a la qual pertanyen seguit de un guió baix i per últim la nomenclatura de l'element al que es refereixen. Hi ha diversos tipus d'elements: cilindres, cilindres rotatoris, sensors i ventoses.

- Cilindre: CY
- Cilindre Rotatori: RA
- Sensor: IS
- Ventosa: VS

Un cop definit el tipus d'element, li segueix un número per poder diferenciar tots aquells que siguin iguals.

A més, els elements referents a la cinta es codifiquen de la mateixa manera, l'única diferència és que el detector de cinta parada té una nomenclatura de LS.

Element	Descripció
F207_CY01	Cilindres Horitzontals Subministrador de Peces
F207_CY02	Cilindre Vertical Comprovació de l'Orientació
F207_CY03	Cilindre d'Avanç Plat Rotatori
F207_CY04	Cilindre de Bloqueig Plat Rotatori
F207_IS01	Detector de Peces Metàl·liques (Inductiu)
F207_IS02	Detector de Peces (Capacitiu)
F208_RA01	Actuador Rotatiu per a la Inserció de Peces
F208_CY01	Cilindre Lineal per a la Inserció de Peces
F208_CY02	Cilindre Horitzontal pel Rebuig de Peces
F208_CY03	Cilindre Vertical pel Rebuig de Peces
F208_VS01	Ventosa per a la Inserció de Peces
F208_VS02	Ventosa pel Rebuig de Peces
FBELT_CY04	Cilindre Stop de la Cinta
FBELT_LS03	Detector Stop Cinta

Taula 3.1.1. Codificació dels diferents elements que conformen el sistema

Seguidament, es procedeix a mostrar la nomenclatura utilitzada per a les senyals pertanyents als elements anteriors. S'ha de tenir en compte que intervenen quatre tipus de senyals tenint com a punt de referència el controlador: les provinents de planta, les que es dirigeixen cap a la planta, les que es dirigeixen cap al SCADA, les que provenen del SCADA i les internes.

Per cadascuna d'aquestes senyals, s'assigna un identificador en forma de lletra, el qual encapçala el nom, seguit del nom de la senyal amb la qual s'està tractant.

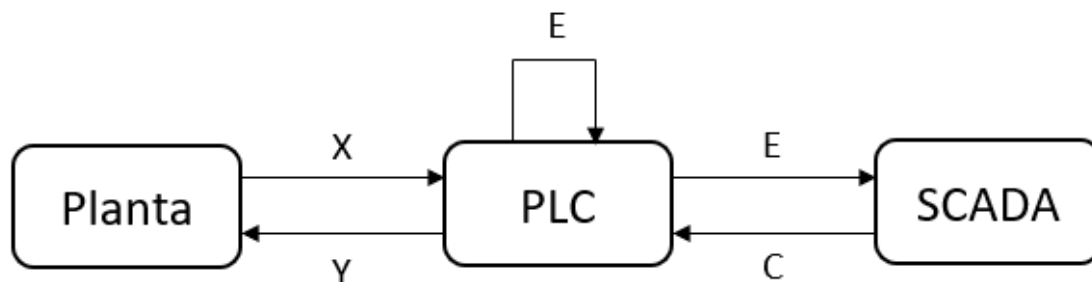


Figura 3.9. Esquema de la nomenclatura de les senyals en funció de la seva participació al sistema.

Com es pot veure a la *Figura 3.9*, els identificadors estan organitzats de la següent forma:

- Identificador X: senyals que provenen de la planta i porten el nom de la senyal seguidament. Representen els sensors i detectors.
- Identificador Y: senyals que es dirigeixen a la planta i porten el nom de la senyal seguidament. Representen les ordres cap als actuadors i provenen del PLC.
- Identificador C: senyals que provenen del SCADA i van seguides d'un guió baix i després el nom. Representen les ordres del SCADA que van al PLC.
- Identificador E: senyals que es dirigeixen al SCADA i van seguides d'un guió baix i després el nom. Representen els estats que hi ha tant dins del PLC com que van al SCADA.

Ara es definiran els UDTs (User Data Type) o classes utilitzades per agrupar aquells grups d'elements que tenen les mateixes senyals.

UDT	Descripció
SYS	Sistema
CYS2	Cilindre Simple Efecte amb 2 Finals de Cursa
CYS1	Cilindre Simple Efecte amb 1 Final de Cursa
CYS0	Cilindre Simple Efecte sense Final de Cursa
CYD2	Cilindre Doble Efecte amb 2 Finals de Cursa
SC	Suction Cup (Ventoses)
RA2D	Actuador Rotatiu de 2 Detectors
DET	Detector

Taula 3.2. Definició de les diferents classes que hi ha al sistema.

Un cop especificades les UDT i com es forma la nomenclatura de cadascuna de les senyals, ja es poden definir totes les que intervenen al sistema. Aquestes es definiran en el punt del fitxer d'intercanvi entre SCADA-PLC.

També, cal esmentar que s'ha fet una diferenciació amb les ordres que provenen de SCADA, és a dir, les del mode manual i les ordres que es fan servir a la seqüència amb el PLC. S'ha fet per facilitar la comprensió de quin mode està actuant. La diferència es basa en que les provinents de SCADA porten "C_SCA_" i les de PLC tenen "C_PLC_".

3.4. Definició de les Interfícies del Sistema de Control

Com ja s'ha observat, el sistema ja disposa de sistemes de control, com són els PLCs MicroLogix, propis que permeten el seu funcionament sense la intervenció de cap altre unitat. Llavors, s'han de definir els punts on el sistema passa de treballar de forma local, és a dir, mitjançant l'ús dels PLCs propis i de la botonera de cada FAS a fer-ho de forma remota mitjançant el PLC "front-end" i el SCADA.



Figura 3.10. Interfície local de cada FAS (botonera)

S'ha de tenir en compte que tot i que el sistema treballi de forma remota, els PLCs propis de cada FAS seguiran treballant, ja que només els mateixos tenen accés a les senyals provinents de planta. Llavors, els MicroLogix permetran la lectura i l'escriptura sobre els seus registres d'aquelles senyals que fan funcionar el sistema definides anteriorment i, per tant, tota la programació de seqüència passarà a ser funció del PLC CompactLogix.

Per marcar aquest pas de local a remot, es farà ús de la seqüència de prémer durant 5s els botons de START (verd) i STOP (vermell) fins que es produeixi una senyal intermitent lluminosa al botó de RESET (blau). Per fer que el sistema funcioni en aquest estat, els dos sistemes FAS (207 i 208) han d'estar en estat remot.

El switch de MAN/AUTO ha de romandre en AUTO per poder passar a estat remot. Si es canvia a manual, el sistema passaria al mode local.

Cal també esmentar que no es farà cap altre ús de la botonera que el de passar a estat remot amb l'excepció de l'ús del botó d'emergència, el qual provocarà una aturada general del sistema tallant l'alimentació de la controladora pròpia del mateix.

3.5. Definició del fitxer d'intercanvi Controlador-SCADA

Els noms de les senyals relacionades amb l'UDT CYD2 són els següents:

CYD2			F208_CY02					
TAG	Tipus	Descripció	PLC			SCADA		
			E	E/S	S	E	E/S	S
C_PLC_OPEN	BOOL	Ordre de PLC d'obrir						
C_PLC_CLOSE		Ordre de PLC de tancar						
C_SCA_OPEN	BOOL	Ordre de SCADA d'obrir	1					1
C_SCA_CLOSE		Ordre de SCADA de tancar	1					1
C_RESET_ALARM	BOOL	Ordre de SCADA reset alarma	1					1
E_ALARM	BOOL	Estat d'alarma			1	1		
E_FCO	BOOL	Estat de final de cursa obert			1	1		
E_FCT	BOOL	Estat de final de cursa tancat			1	1		
E_OPEN	BOOL	Estat d'obrir			1	1		
E_CLOSE		Estat de tancar			1	1		
XFCO	BOOL	Entrada final de cursa obert	1					
XFCT	BOOL	Entrada final de cursa tancat	1					
YOPEN	BOOL	Sortida d'obrir			1			
YCLOSE		Sortida de tancar			1			

Taula 3.3. Senyals del UDT CYD2

Senyals	Senyals PLC MicroLogix		Senyals de Camp	
	F208_CY02		F208_CY02	
	E	S	E	S
XFCO	B25:1/5		I:0/10	
XFCT	B25:1/6		I:0/9	
YOPEN		B25:0/4		O:0/5
YCLOSE		B25:0/5		O:0/6

Taula 3.4. Senyals del UDT CYD2

Els noms de les senyals relacionades amb l'UDT CYS0 són els següents:

CYS0			F207_CY01, F207_CY04					
			PLC			SCADA		
TAG	Tipus	Descripció	E	E/S	S	E	E/S	S
C_PLC_OPEN	BOOL	Ordre de PLC d'obrir						
C_SCA_OPEN	BOOL	Ordre de SCADA d'obrir	1					1
E_ALARM	BOOL	Estat d'alarma			1	1		
E_OPEN	BOOL	Estat d'obrir			1	1		
YOPEN	BOOL	Sortida d'obrir			1			

Taula 3.5. Senyals del UDT CYS0

Senyals	Senyals PLC MicroLogix				Senyals de Camp			
	F207_CY01		F207_CY04		F207_CY01		F207_CY04	
	E	S	E	S	E	S	E	S
YOPEN		B25:0/0		B25:0/3		O:0/1		O:0/4

Taula 3.6. Senyals del UDT CYS0

Els noms de les senyals relacionades amb l'UDT CYS1 són els següents:

CYS1			F207_CY02, F207_CY03					
TAG	Tipus	Descripció	PLC			SCADA		
			E	E/S	S	E	E/S	S
C_PLC_OPEN	BOOL	Ordre de PLC d'obrir						
C_SCA_OPEN	BOOL	Ordre de SCADA d'obrir	1					1
C_RESET_ALARM	BOOL	Ordre de SCADA reset alarma	1					1
E_ALARM	BOOL	Estat d'alarma			1	1		
E_FCO	BOOL	Estat de final de cursa obert			1	1		
E_OPEN	BOOL	Estat d'obrir			1	1		
XFCO	BOOL	Entrada final de cursa obert	1					
YOPEN	BOOL	Sortida d'obrir			1			

Taula 3.7. Senyals del UDT CYS1

Senyals	Senyals PLC MicroLogix				Senyals de Camp			
	F207_CY02		F207_CY03		F207_CY02		F207_CY03	
	E	S	E	S	E	S	E	S
XFCO	B25:1/0		B25:1/1		I:0/4		I:0/5	
YOPEN		B25:0/1		B25:0/2		O:0/2		O:0/3

Taula 3.8. Senyals del UDT CYS1

Els noms de les senyals relacionades amb l'UDT CYS2 són els següents:

CYS2			F208_CY01, F208_CY03					
			PLC			SCADA		
TAG	Tipus	Descripció	E	E/S	S	E	E/S	S
C_PLC_OPEN	BOOL	Ordre de PLC d'obrir						
C_SCA_OPEN	BOOL	Ordre de SCADA d'obrir	1					1
C_RESET_ALARM	BOOL	Ordre de SCADA reset alarma	1					1
E_ALARM	BOOL	Estat d'alarma			1	1		
E_FCO	BOOL	Estat de final de cursa obert			1	1		
E_FCT	BOOL	Estat de final de cursa tancat			1	1		
E_OPEN	BOOL	Estat d'obrir			1	1		
XFCO	BOOL	Entrada final de cursa obert	1					
XFCT	BOOL	Entrada final de cursa tancat	1					
YOPEN	BOOL	Sortida d'obrir			1			

Taula 3.9. Senyals del UDT CYS2

Senyals	Senyals PLC MicroLogix				Senyals de Camp			
	F208_CY01		F208_CY03		F208_CY01		F208_CY03	
	E	S	E	S	E	S	E	S
XFCO	B25:1/0		B25:1/7		I:0/5		I:0/12	
XFCT	B25:1/1		B25:1/8		I:0/4		I:0/11	
YOPEN		B25:0/1		B25:0/6		O:0/1		O:0/7

Taula 3.10. Senyals del UDT CYS2

Els noms de les senyals relacionades amb l'UDT SC són els següents:

SC			F208_VS01, F208_VS02					
			PLC			SCADA		
TAG	Tipus	Descripció	E	E/S	S	E	E/S	S
C_PLC_TAKE	BOOL	Ordre de PLC d'agafar						
C_PLC_LEAVE	BOOL	Ordre de PLC de deixar						
C_SCA_TAKE	BOOL	Ordre de SCADA d'agafar	1					1
C_SCA_LEAVE	BOOL	Ordre de SCADA de deixar	1					1
C_RESET_ALARM	BOOL	Ordre de SCADA reset d'alarma	1					1
E_ALARM	BOOL	Estat d'alarma			1	1		
E_TAKE	BOOL	Estat d'agafar			1	1		
E_LEAVE	BOOL	Estat de deixar			1	1		
E_OK	BOOL	Estat de ventosa OK			1	1		
XOK	BOOL	Entrada de ventosa OK	1					
YTAKE	BOOL	Sortida d'agafar			1			
YLEAVE	BOOL	Sortida de deixar			1			

Taula 3.11. Senyals del UDT SC

Senyals	Senyals PLC MicroLogix				Senyals de Camp			
	F208_VS01		F208_VS02		F208_VS01		F208_VS02	
	E	S	E	S	E	S	E	S
XOK	B25:1/4		B25:1/9		I:0/8		I:0/13	
YTAKE		B25:0/2		B25:0/7		O:0/3		O:0/8
YLEAVE		B25:0/3		B25:0/8		O:0/4		O:0/9

Taula 3.12. Senyals del UDT SC

Els noms de les senyals relacionades amb l'UDT RA2D són els següents:

RA2D			F208_RA01					
TAG	Tipus	Descripció	PLC			SCADA		
			E	E/S	S	E	E/S	S
C_PLC_AHEAD	BOOL	Ordre de PLC endavant						
C_SCA_AHEAD	BOOL	Ordre de SCADA endavant	1					1
C_RESET_ALARM	BOOL	Ordre de SCADA reset alarma	1					1
E_ALARM	BOOL	Estat d'alarma			1	1		
E_PEND	BOOL	Estat de posició final			1	1		
E_PINI	BOOL	Estat de posició inicial			1	1		
E_AHEAD	BOOL	Estat d'endavant			1	1		
XPEND	BOOL	Entrada posició final	1					
XPINI	BOOL	Entrada posició inicial	1					
YAHEAD	BOOL	Sortida endavant			1			

Taula 3.13. Senyals del UDT RA2D

Senyals	Senyals PLC MicroLogix		Senyals de Camp	
	F208_RA01		F208_RA01	
	E	S	E	S
XPEND	B25:1/3		I:0/7	
XPINI	B25:1/2		I:0/6	
YAHEAD		B25:0/0		O:0/2

Taula 3.14. Senyals del UDT RA2D

Els noms de les senyals relacionades amb l'UDT DET són els següents:

DET			F207_IS01, F207_IS02					
			PLC			SCADA		
TAG	Tipus	Descripció	E	E/S	S	E	E/S	S
E_DET	BOOL	Estat detectant			1	1		
XDET	BOOL	Entrada detectant	1					

Taula 3.15. Senyals del UDT DET

Senyals	Senyals PLC MicroLogix				Senyals de Camp			
	F207_IS01		F207_IS02		F207_IS01		F207_IS02	
	E	S	E	S	E	S	E	S
XDET	B25:1/2		B25:1/3		I:0/6		I:0/7	

Taula 3.16. Senyals del UDT DET

Els noms de les senyals relacionades amb l'UDT SYS són els següents:

SYS								
			PLC			SCADA		
TAG	Tipus	Descripció	E	E/S	S	E	E/S	S
C_MAN	BOOL	Ordre de mode manual	1					1
C_AUTO	BOOL	Ordre de mode automàtic	1					1
C_RESET_ALARM	BOOL	Ordre reset alarma	1					1
E_ALARM	BOOL	Estat d'alarma			1	1		
E_MAN	BOOL	Estat mode manual			1	1		
E_AUTO	BOOL	Estat mode automàtic			1	1		
E_REMOT	BOOL	Estat remot del conjunt			1	1		
F207_XREMOT	BOOL	Estat remot FAS 207	1					
F208_XREMOT	BOOL	Estat remot FAS 208	1					

Taula 3.17. Senyals del UDT SYS

Senyals	Senyals PLC MicroLogix	
	SYS	
	E	S
F207_XREMOT	B3:0/12	
F208_XREMOT	B3:0/12	

Taula 3.18. Senyals del UDT SYS

Altres TAGS que s'han creat al programa de PLC i s'utilitzen al SCADA són els següents:

Altres								
			PLC			SCADA		
TAG	Tipus	Descripció	E	E/S	S	E	E/S	S
F207_8_ALUM_P4	BOOL	Peça alumini posició 4			1	1		
F207_8_ALUM_P5	BOOL	Peça alumini posició 5			1	1		
F207_8_ALUM_P6	BOOL	Peça alumini posició 6			1	1		
F207_8_BUIT_P4	BOOL	No hi ha peça posició 4			1	1		
F207_8_BUIT_P5	BOOL	No hi ha peça posició 5			1	1		
F207_8_BUIT_P6	BOOL	No hi ha peça posició 6			1	1		
F207_8_NYLON_P4	BOOL	Peça nylon posició 4			1	1		
F207_8_NYLON_P5	BOOL	Peça nylon posició 5			1	1		
F207_8_NYLON_P6	BOOL	Peça nylon posició 6			1	1		
F207_8_MATERIAL	BOOL	Material escollit (0, alumini i 1, nylon)	1					1
F207_8_ORIOK_P3	BOOL	Orientació peça correcta posició 3			1	1		
F207_8_ORIOK_P4	BOOL	Orientació peça correcta posició 4			1	1		
F207_8_ORIOK_P5	BOOL	Orientació peça correcta posició 5			1	1		
F207_8_ORIOK_P6	BOOL	Orientació peça correcta posició 6			1	1		
FBELT_LS03	BOOL	Entrada detector STOP cinta	1					
FBELT_CY04	BOOL	Sortida activació cilindre “stopper” cinta			1			

Taula 3.19. Altres senyals utilitzades al projecte

Senyals	Senyals PLC MicroLogix		Senyals de Camp	
	SYS		SYS	
	E	S	E	S
FBELT_LS03	B25:1/10		I:0/14	
FBELT_CY04		B25:0/9		O:0/10

Taula 3.20. Altres senyals utilitzades al projecte

3.6. Programa del Controlador

3.6.1. Estructura del Programa

L'estructura del programa està formada per dos blocs (o programes) diferents: el MainProgram i el ControlSystem. S'han creat dues parts per diferenciar la part del control dels elements, les entrades i sortides i les comunicacions de la part de la seqüència de control automàtica de tot el sistema.

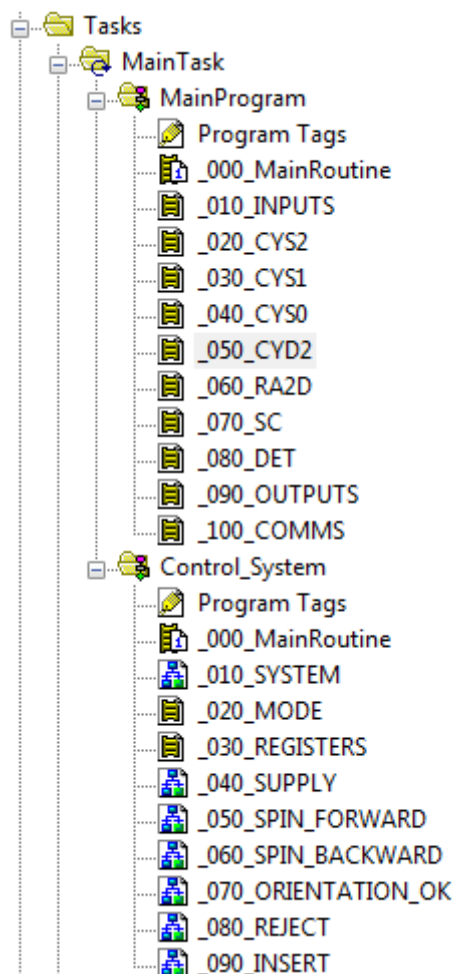


Figura 3.11. Estructura del programa per subrutines

Com es pot veure a la *Figura 3.11*, la carpeta de MainProgram conté les següents subrutines:

- **_000_MainRoutine:** és la subrutina principal la qual es va executant en cada cicle i és la que crida a la resta de subrutines del mateix programa (el MainProgram).
- **_010_INPUTS:** aquí es defineixen totes les entrades que provenen de la planta i s'assignen als Tags ja mencionats anteriorment.

- De la `_020_` a la `_080_`: es programa el control de cadascun dels elements per separat però agrupant-los en classes o UDTs per minimitzar les línies de codi del programa.
- `_090_OUTPUTS`: és la subrutina on s'assignen uns Tags a les sortides que van directament a la planta.
- `_100_COMMS`: aquí s'agrupen tots els blocs de missatgeria entre el PLC "front-end" i les unitats de control pròpies de la FAS.

En quant a la part de `Control_System` es defineixen les següents parts:

- `_000_MainRoutine`: representa exactament el mateix que en el programa anterior.
- `_010_SYSTEM`: és la seqüència general de passos que segueix el programa quan està en mode automàtic. Aquests passos a seguir són els diferents processos cridats com a altres subrutines explicades posteriorment.
- `_020_MODE`: és la subrutina on es programa tot el que engloba el conjunt, és a dir, quan es posa el sistema en estat remot, la configuració dels modes manual i automàtic i el tractament de totes les alarmes.
- `_30_REGISTERS`: són els diferents registres creats per tal de tenir un control del que hi ha a les posicions del plat determinants (la composició de la peça i la orientació).
- De la `_040_` a la `_090_`: són tots els processos a seguir, explicats als apartats 2.2.1 i 2.2.2, cridats per la subrutina de `_010_SYSTEM`, i que ha de realitzar el sistema per poder realitzar el procés de selecció tractat.

S'ha decidit fer a aquesta diferenciació entre programes per facilitar, en termes organitzatius, la visió de l'estructuració del programa. I a més a més, permet distingir la programació dels UDTs, de tal forma que si es necessiten utilitzar en un altre projecte, el qual contingui alguns dels elements programats en aquest, permeti reutilitzar el codi i centrar l'atenció només en temes de seqüència.

També, cal destacar que a la *Figura 3.8*, el símbol a la part esquerra de totes les subrutines representa el llenguatge de programació utilitzat. La majoria de codi està fet en Ladder (LD), típicament utilitzat en la majoria de casos i el qual s'utilitza per programar tota la part de control dels elements, senyals d'entrada i sortida, comunicacions, modes del sistema, etc. Però, a la part de seqüència (SYSTEM) i processos, es fa ús del SFC, llenguatge estil GRAFCET que s'ha fet servir per facilitar la comprensió del funcionament de les diferents parts i del conjunt en general.

3.6.2. Definició dels Tipus de Dades

Aquest projecte fa ús dels següents tipus de dades:

- **Booleans (BOOL):** són la gran majoria i representen gairebé totes les senyals, ja que totes les ordres, estats, entrades i sortides són bits que tenen un valor de 1 si estan activats i 0 si no ho estan.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
F207_CY01.E_OPEN	0		Decimal	BOOL	Cilindre de simple ...
F207_CY01.YOPEN	0		Decimal	BOOL	Cilindre de simple ...
F207_CY01.C_PLC_OPEN	0		Decimal	BOOL	Cilindre de simple ...
F207_CY01.C_SCA_OPEN	0		Decimal	BOOL	Cilindre de simple ...

Figura 3.12. Tipus de dades booleans

- **UDTs (User Data Types):** com ja s'ha explicat, s'utilitzen per minimitzar la quantitat de línies de codi ja que agrupant els elements que tenen exactament les mateixes senyals i que, per tant, tenen el mateix funcionament, es programa només un cop el seu control i després es fan les instàncies a tots aquells que pertanyen al mateix grup.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
+ F207_CY01	{...}	{...}		CYS0
+ F207_CY02	{...}	{...}		CYS1
+ F207_CY03	{...}	{...}		CYS0
+ F207_CY04	{...}	{...}		CYS0
+ F207_IS01	{...}	{...}		DET
+ F207_IS02	{...}	{...}		DET
+ F208_CY01	{...}	{...}		CYS2
+ F208_CY02	{...}	{...}		CYD2
+ F208_CY03	{...}	{...}		CYS2
+ F208_IS01	{...}	{...}		DET
+ F208_IS02	{...}	{...}		DET
+ F208_RA01	{...}	{...}		RA2D
+ F208_VS01	{...}	{...}		SC

Figura 3.13. Representació dels UDTs

Per realitzar aquestes instàncies, es realitza el següent procediment:

- 1) Es crea una variable auxiliar que sigui del tipus Data Type que es vol.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
+ CYD2	{...}	{...}		CYD2
+ CYS0	{...}	{...}		CYS0
+ CYS1	{...}	{...}		CYS1
+ CYS2	{...}	{...}		CYS2
+ DET	{...}	{...}		DET

Figura 3.14. Variables auxiliars creades

- 2) Llavors, s'agafen les variables anterior i s'utilitzen a les subrutines pertinents.

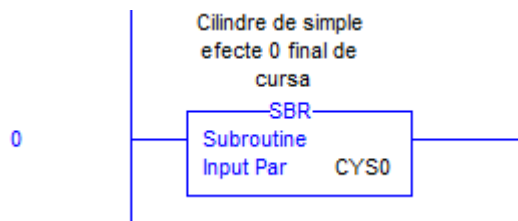


Figura 3.15. Ús de la variable auxiliar dins la subrutina pertinent

3) A l' hora de cridar a les subrutines des del MainRoutine, s'instancien els elements pertanyents a la mateixa.

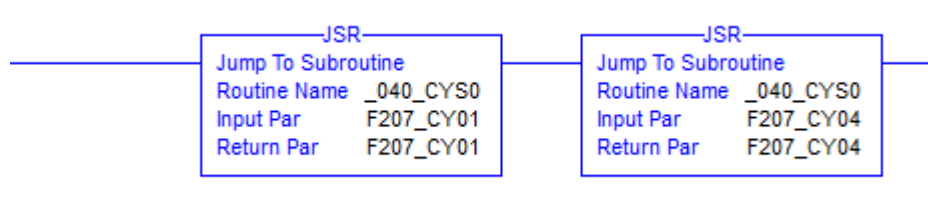


Figura 3.16. Instàncies a cada element de la variable auxiliar

A la Figura 3.16 es pot veure que a la subrutina _040_CYS0 s'han instanciat dos elements diferents, els cilindres 1 i 4 de la FAS 207.

Fins ara, s'han pogut veure els dos tipus de dades principals utilitzades al programa del PLC, però encara queden per explicar alguns tipus de dades secundàries però amb bona presència al llarg de tota la programació.

- MESSAGE: aquest tipus representa tots aquells blocs de missatge creat per poder comunicar-se amb les unitats de control pròpies de cada FAS.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
+ MESSAGE_X1	{...}	{...}		MESSAGE
+ MESSAGE_X2	{...}	{...}		MESSAGE
+ MESSAGE_X3	{...}	{...}		MESSAGE
+ MESSAGE_X4	{...}	{...}		MESSAGE
+ MESSAGE_Y1	{...}	{...}		MESSAGE
+ MESSAGE_Y2	{...}	{...}		MESSAGE

Figura 3.17. Variables tipus MESSAGE del projecte

- Enters (INT): cada enter és una estructura de 16 bits. En aquest projecte el seu ús és molt concret, ja que només s'utilitzen com a les variables de mapeig de les entrades i sortides dels dos PLCs de cada FAS, és a dir, cadascun dels seus bits és una variable de lectura o escriptura dirigida als MicroLogix de cada FAS. S'han hagut d'utilitzar ja que el intercanvi de dades no es pot fer mitjançant booleans independent sinó amb estructures com els enters.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
+ X1	0		Decimal	INT
+ X2	0		Decimal	INT
+ X3	0		Decimal	INT
+ X4	0		Decimal	INT
+ Y1	0		Decimal	INT
- Y2	0		Decimal	INT

Figura 3.18. Variables enteres del projecte

Com es pot veure a la *Figura 3.17 i 3.18*, hi han quatre variables amb la X, les quals representen els bits de lectura (entrades del “front-end”). La X1 són els bits de lectura de la FAS 207 i la X2 els de la FAS 208. S’han hagut de incorporar tant la X3 per llegir l’estat de remot de la FAS 207 i el X4 pel de la FAS 208. Hi han quatre diferents ja que al MESSAGE s’ha de indicar una direcció concreta dels PLCs MicroLogix, per tant, si l’estat de remot i les altres variables de lectura estan en registres diferents, s’han de crear blocs diferents.

Les Y representen els bits d’escriptura (sortides del “front-end”), la Y1 els de las FAS 207 i la Y2 els de las FAS 208.

- **TIMER:** són els tipus de dades utilitzades per declarar els temporitzadors, utilitzats per l’activació d’alarmes.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
+ TIMER_CYD2_FCO	{...}	{...}		TIMER
+ TIMER_CYD2_FCT	{...}	{...}		TIMER
+ TIMER_CYS1_FCO	{...}	{...}		TIMER
+ TIMER_CYS2_FCO	{...}	{...}		TIMER
+ TIMER_CYS2_FCT	{...}	{...}		TIMER
+ TIMER_F207_CY02_FCO	{...}	{...}		TIMER
+ TIMER_F207_CY03_FCO	{...}	{...}		TIMER

Figura 3.19. Variables tipus TIMER del projecte

- **SFC ACTION i SFC STEP:** per últim, aquestes són les dades creades automàticament relacionades amb el llenguatge de programació SFC. Els STEP són els diferents passos que s’han de dur a terme per fer la seqüència completa i els ACTION són les accions que es fan durant l’execució dels STEP.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
+ Action_086	{...}	{...}		SFC_ACTION
+ Action_088	{...}	{...}		SFC_ACTION
+ Action_090	{...}	{...}		SFC_ACTION
+ Action_094	{...}	{...}		SFC_ACTION
F207_8_REGISTER_OB_1	0		Decimal	BOOL
F207_8_REGISTER_OB_2	0		Decimal	BOOL
F207_8_REGISTER_OB_3	0		Decimal	BOOL
+ Step_000	{...}	{...}		SFC_STEP
+ Step_001	{...}	{...}		SFC_STEP
+ Step_002	{...}	{...}		SFC_STEP
+ Step_003	{...}	{...}		SFC_STEP

Figura 3.20. Tipus de dades associades al llenguatge SFC

3.6.3. Lògica de Control dels Elements

Com ja s'ha vist, es programa el control de les UDTs els quals són les classes d'elements que, més tard, s'especifiquen. Hi ha 7 classes diferents, sis de les quals són tipus de cilindres (lineals o rotatoris) i ventoses que es poden agrupar ja que tenen una lògica bastant similar. Després està la classe DET (detectors) la qual es pot tractar de forma diferent.

Com es podrà observar, totes les subrutines tenen una estructura interna molt similar per ajudar a l'hora de trobar segons quines parts i facilitar la seva comprensió.

Cilindres (CY) i Ventoses (SC)

Per explicar els UDTs dels cilindres i ventoses, s'agafarà l'exemple de l'UDT CYD2 ja que representa un cilindre de doble efecte amb dos finals de cursa (un al inici i un altre al final) i és la opció més completa. S'ha de tenir en compte que, tot i què el cilindre rotatori i les ventoses tenen senyals amb noms diferents al exemple tractat, totes es poden extrapolar al cas tractat.

La major diferència és que les ventoses no tenen final de cursa però en canvi, tenen un detector de buit que s'activa quan arriba a ser correcta per agafar una peça. Aquest detector es tracta igual com un final de cursa en el cas dels cilindres.

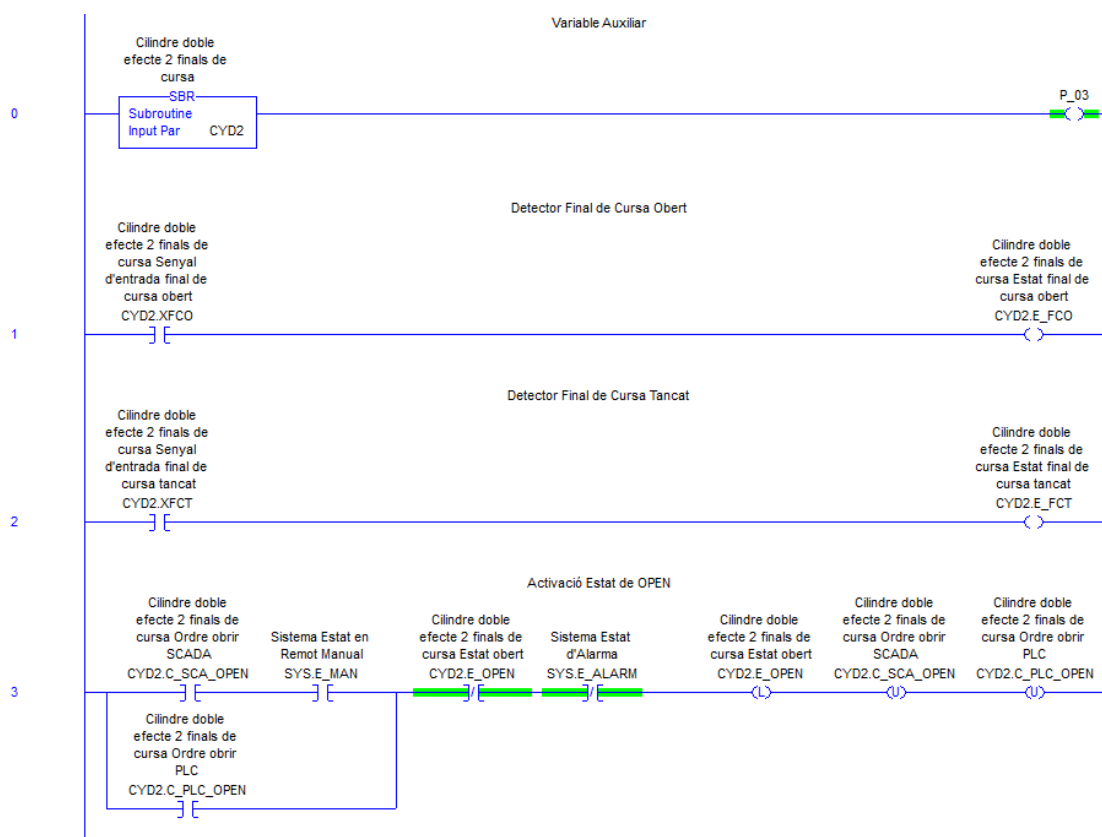


Figura 3.21. Exemple de lògica de control dels cilindres amb la UDT CYD2

En primer lloc, com es pot veure a la *Figura 3.21*, s'introdueix la variable auxiliar a tractar per instanciar els elements relacionats amb la mateixa més tard. El següent pas és definir que quan s'activa un final de cursa d'un cilindre (obert o tancat), el sistema ho registra com a un estat. Seguidament, es programa la lògica de control de l'activació del estat de OPEN del cilindre, el qual s'activa quan es dona la ordre, ja sigui per PLC o SCADA, a més no ha d'estar actiu el propi estat i no està activa l'alarma de sistema. Si es donen aquestes condicions, es fa un Latch a l'estat de OPEN, el qual és una activació mantinguda encara que les condicions es desactivin. I a més, es fa un UnLatch (desactivació mantinguda) de les ordres perquè no es quedin actives finalment.

L'activació dels estats de final de cursa no es fa mitjançant Latch, ja que un cop que es deixen de detectar, es vol la desactivació directa. En canvi, quan es dona una ordre vol que l'estat estigui actiu fins que no es doni una altra acció que el desactivi.

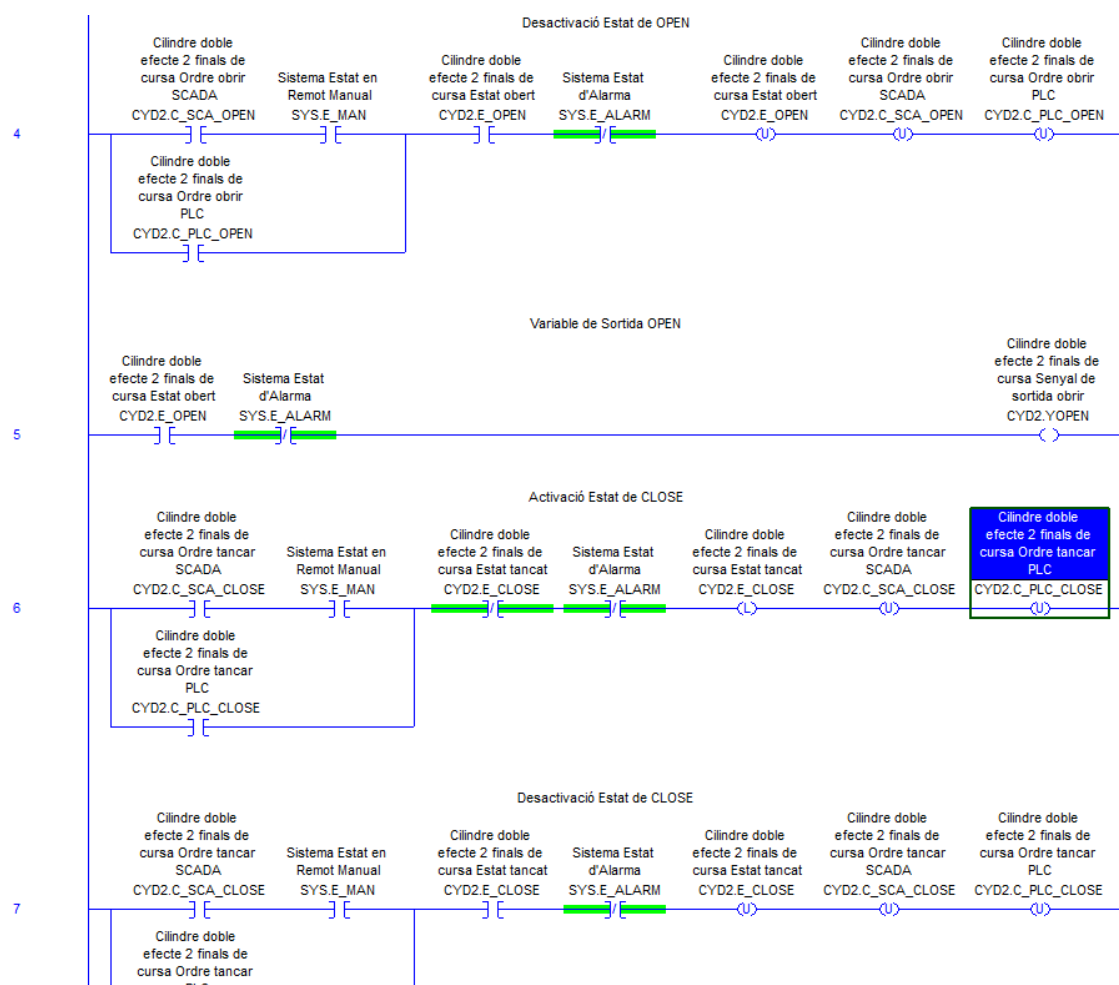


Figura 3.22. Exemple de lògica de control dels cilindres amb la UDT CYD2

A la *Figura 3.22*, primerament, es pot veure la desactivació del estat de OPEN, la qual és molt similar a l'activació del mateix estat, la única diferència és que en aquest cas, hi ha una condició que indica que ha d'estar activat en aquell moment.

Llavors, la programació indica que amb la mateixa ordre es pot activar o desactivar el mateix estat segons com estigui en el moment de l'acció. Totes les ordres dels cilindres i dels altres elements estan configurades de la mateixa manera.

El següent pas és associar l'estat amb la sortida que va cap a la planta (YOPEN) per poder visualitzar que les ordres es van efectuant de forma correcta.

Per últim, es pot veure la mateixa maniobra que amb OPEN però pel CLOSE ja que aquesta classe de cilindre, a diferència de tots els altres, és biestable i, per tant, tant quant està obert com quan està tancat, encara què es desactivi el seu estat respectiu, romandrà aturat sinó es dona l'ordre contrària. En canvi, la resta de cilindres són monoestables, per tant, només necessiten una ordre d'obrir i, un cop es desactiva l'estat, tornen a tancar-se automàticament.

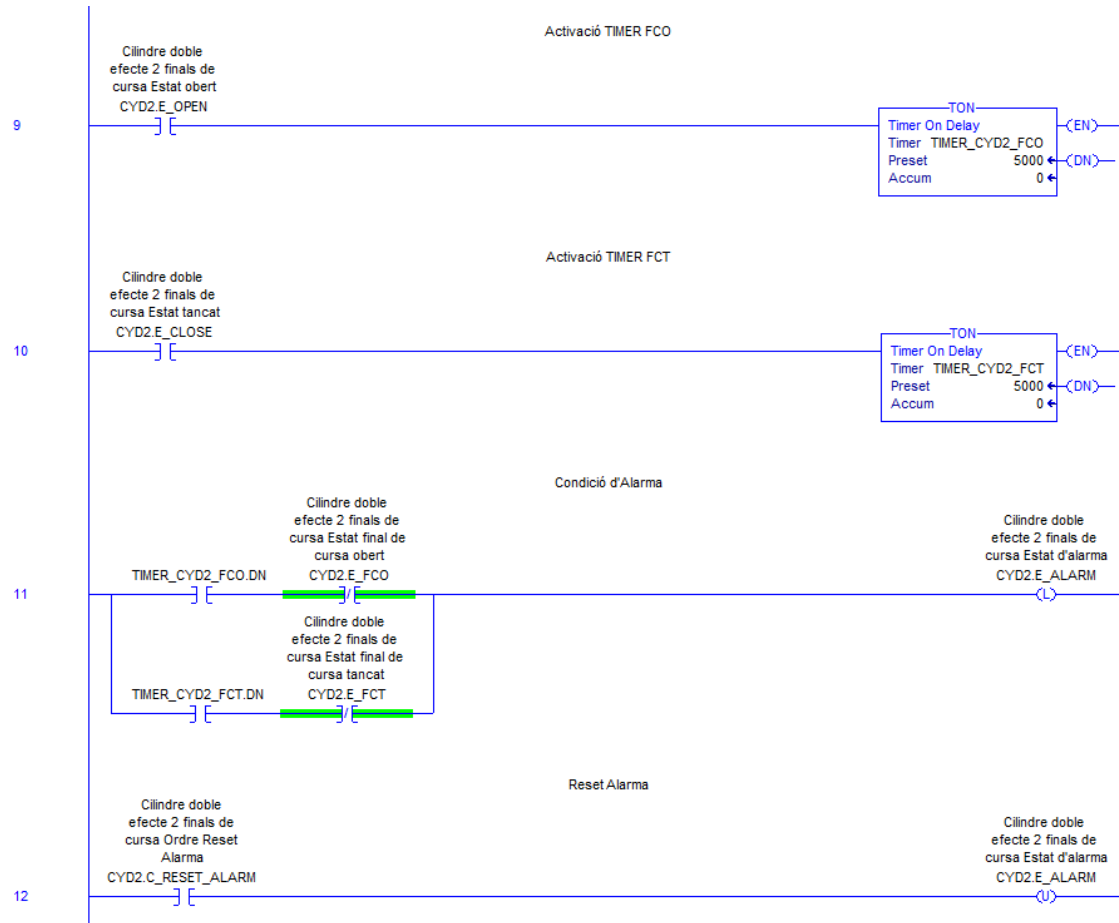


Figura 3.23. Exemple de lògica de control dels cilindres amb la UDT CYD2

A la *Figura 3.23*, es pot veure la seqüència per activar una alarma. Es tracta en veure quan triga un cilindre en arribar al seu estat de final de cursa un cop es dona l'ordre conseqüent. Per tant, si s'activa l'estat d'obert, s'activa un TIMER, el qual passats 5000ms (5s) activa un estat. Aquest és una condició per activar l'alarma del element ja que si passat aquest temps, no es detecta el final de cursa pertinent, s'activa l'alarma del propi cilindre.

Finalment, es veu una ordre per fer un Reset d'aquest alarma. Aquesta es desactivarà però, si el estat continua actiu i no s'ha detectat encara el final de cursa, es tornarà a activar.

Detectors (DET)

El sistema té dos sensors: el sensor inductiu, per detectar si la peça és metàl·lica i el sensor capacitiu, per detectar si hi ha eix o no a la posició a la que es troba.

Aquests no tenen cap lògica de control ja que són sensors i només tenen una assignació per associar la lectura de l'entrada a l'estat pertinent.

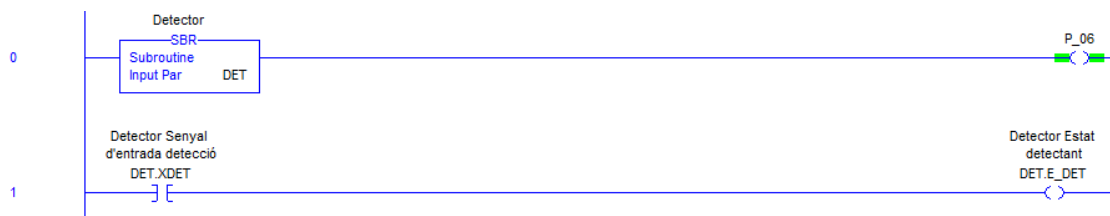


Figura 3.24. Exemple de lògica de control dels detectors

Com es pot veure a la *Figura 3.24*, primer es defineix la variable auxiliar a tractar i seguidament, es fa l'associació de l'entrada amb l'estat del sensor.

3.6.4. Lògica de Control dels Sistemes

Aquest apartat explica com es tracten les variables de sistema a la part de Control System dins la subrutina de _020_MODE.

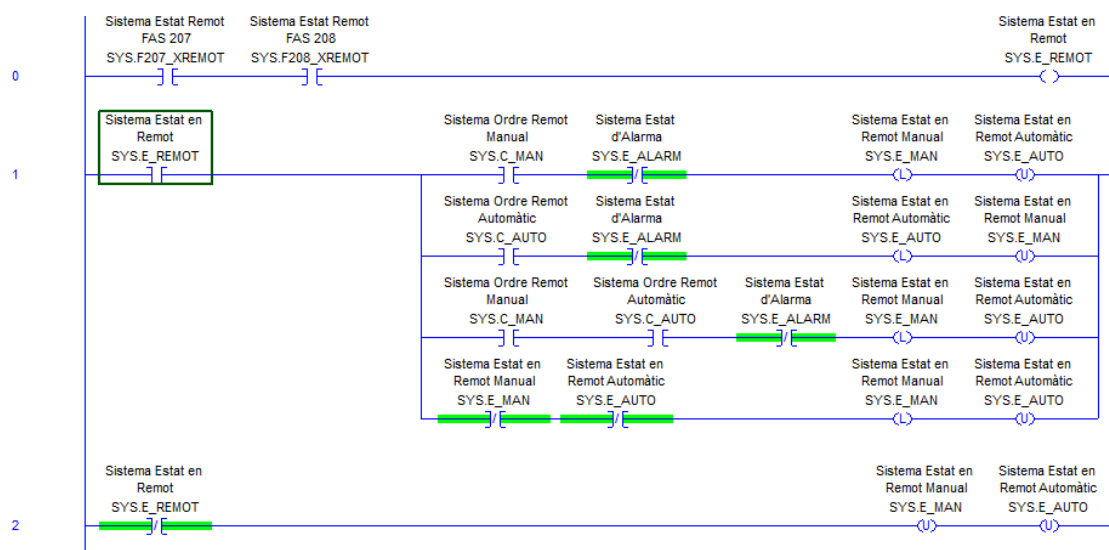


Figura 3.25. Exemple de lògica de control dels modes de funcionament del sistema

En primer lloc, el sistema s'ha de trobar en estat remot, sinó cada FAS funcionarà segons el programa propi i no el utilitzat al PLC "front-end". Tant la FAS 207 com la 208 han d'estar en estat remot per activar el E_REMOT com es pot veure a la *Figura 3.25*.

Un cop s'arriba a l'estat remot, es programa el funcionament dels modes manual i automàtic. Si no està en cap mode, és a dir, en cas de treure alimentació al PLC o quan el sistema passa de local a remot, el primer mode sempre serà manual. Després es podrà canviar de mode utilitzant les ordres pertinents i sempre que el sistema no es trobi en alarma. Si es produís una activació simultània de l'ordre de manual i automàtic, el mode manual es posaria en marxa.

En el cas, de deixar d'estar en estat remot, es produeix un UnLatch del mode manual i de l'automàtic.

Com es pot veure a la *Figura 3.26*, si s'activa qualsevol alarma d'element, s'activa l'alarma de sistema. I com ja s'ha vist si s'activa l'alarma de sistema cap element compleix les condicions per mantenir activa la acció que s'està realitzant, per tant, el sistema queda completament parat si s'activa qualsevol alarma de qualsevol element. D'aquesta manera s'eviten problemes si alguns elements no estan en alarma i altres sí.

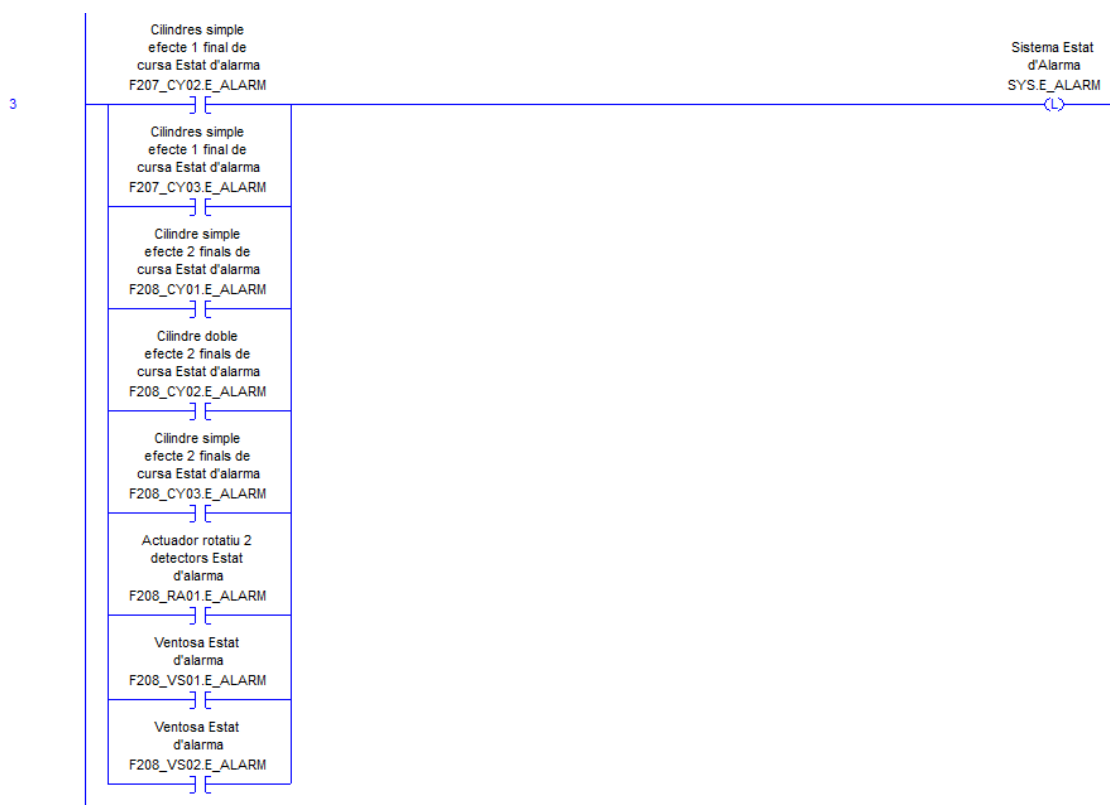


Figura 3.26. Exemple de lògica de control sobre les alarmes del sistema

A la *Figura 3.27*, es pot veure com es produeix la desactivació de l'alarma de sistema. S'ha de utilitzar l'ordre de Reset i a més, cap alarma d'element ha d'estar activa. Això explica que mentre qualsevol element tingui una alarma, la de sistema sempre es mantindrà activa fins que tots els elements estiguin correctament.

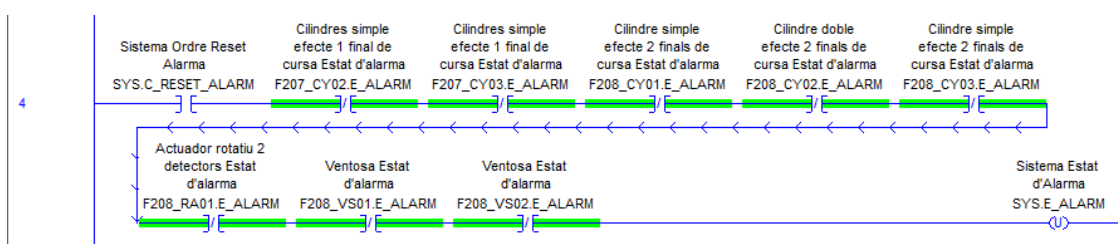


Figura 3.27. Exemple de lògica de control sobre les alarmes del sistema

3.6.5. Seqüències de Control

La seqüència de control és aquella que fa funcionar el sistema de manera autònoma de tal forma que pot desenvolupar la seva funció sense cap tipus de manipulació manual.

La *Figura 3.28* mostra el funcionament del sistema quan està en el mode automàtic i la qual representa la subrutina _010_SYSTEM:

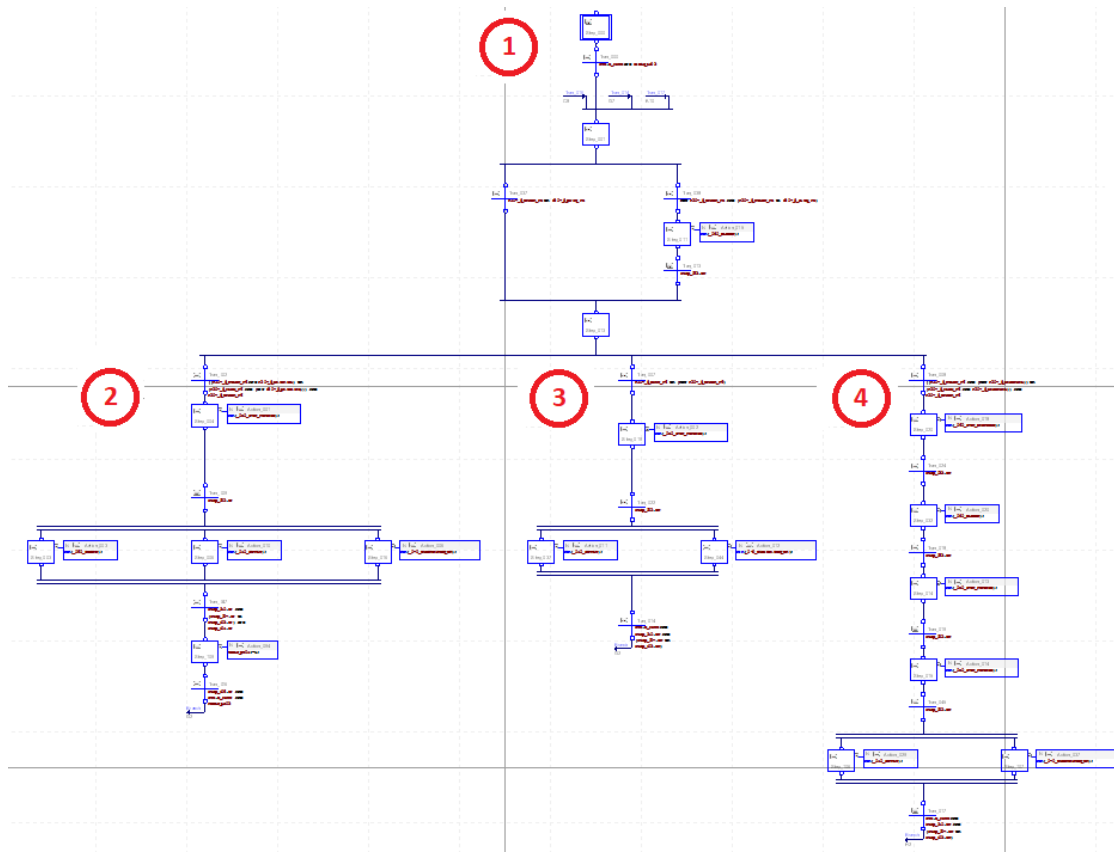


Figura 3.28. Seqüència de control principal del sistema

Com es pot observar, la seqüència està programada en llenguatge SFC, el qual proporciona una millor vista global per poder comprendre el funcionament del sistema comparat amb qualsevol altre llenguatge.

A la *Figura 3.28*, es distingeixen quatre etapes marcades amb números, les quals s'analitzaran de forma independent.

En primer lloc, s'explicaran quines són les posicions del plat tractades i quins processos es desenvolupen a cadascuna de les mateixes per tal de comprendre el funcionament general del sistema més adequadament, ja que està plantejat de forma que les posicions vitals tenen un registre que indica que està contenint en cada cas.

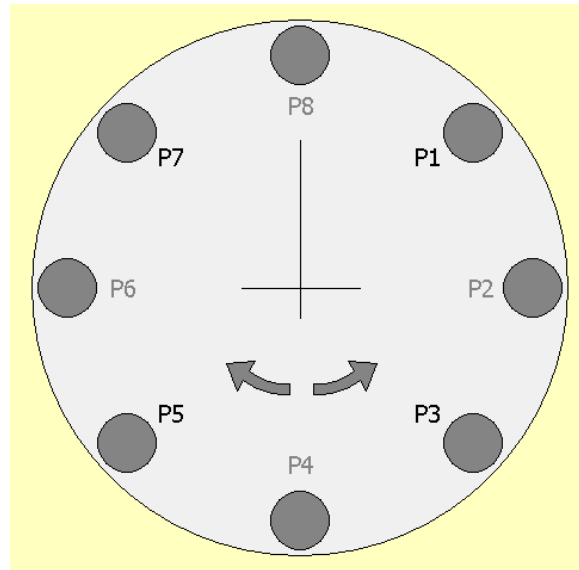


Figura 3.29. Representació del plat amb cadascuna de les posicions

Com es pot veure a la *Figura 3.29*, el plat està constituït per 8 posicions les quals són les següents:

- P1: Subministrament de peces
- P2: N/A
- P3: Comprovació de la orientació de la peça
- P4: Detecció de peça i material
- P5: Rebuig de l'eix incorrecte
- P6: N/A
- P7: Inserció de l'eix correcte
- P8: N/A

Aquests representen els processos comentats a l'apartat 2.2, els quals s'aniran cridant des de la seqüència principal de manera ordenada.

Un cop definides les diferents posicions, ja es pot començar a explicar la seqüència general del sistema.

1. La primera etapa de la seqüència, representada a la *Figura 3.30*, mostra diferents passos de transició en els quals no es duu a terme cap acció i d'altres que sí que són més importants. Al començar, es passa per el STEP inicial i la primera condició que s'ha de tenir en compte és que el sistema ha d'estar en mode automàtic i que el detector de STOP de la cinta ha d'estar activat, la qual cosa representa que hi ha un palet en disposició. A part d'aquesta primera condició hi ha tres transicions (o condicions) més que venen del final de la seqüència i que es comentaran posteriorment.

Tot seguit, hi ha un pas de transició que dona lloc a dos possibles camins. El de l'esquerra, té com a condicions que la orientació de la peça situada a la posició 5 sigui correcta o que no hi hagi peça a la mateixa i llavors, passa al estat de transició següent. Si es passa al camí de la dreta, és que la orientació de l'eix a la P5 no és correcta i que la peça és d'alumini o nylon, el

qual és el mateix que afirmar l'existència d'un eix. Tot seguit, es passa a un STEP que té com a acció la crida de la subrutina de rebuig de l'eix a la P5. I la transició que s'ha de complir per poder seguir és que el STEP 93, el qual és l'últim de la subrutina de rebuig, hagi acabat.

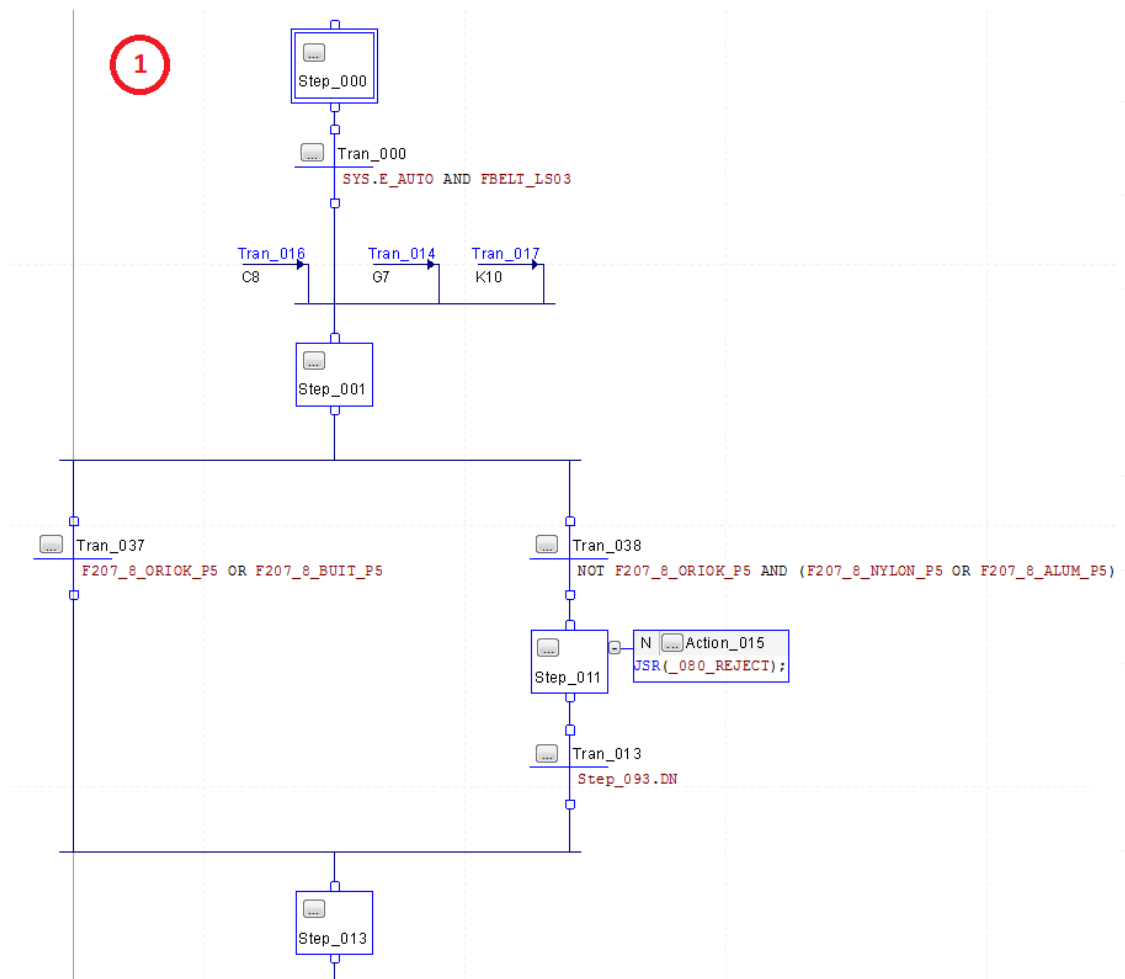


Figura 3.30. Etapa inicial de la seqüència de control

Un cop passat el STEP 13, hi ha 3 possibles camins segons les condicions que es compleixin:

2. Per anar pel camí de l'esquerra s'ha de complir que el material de la peça situada a la P6 concordi amb l'escollit per l'usuari i que la orientació a la P6 sigui la correcta. Llavors, el plat avançarà un cop de forma horària (pas 4). Un cop hagi acabat la seqüència del plat, es realitzaran tres processos alhora: inserció de l'eix al palet a la P7, subministrament de peça a la P1 i comprovació de la orientació a la P3.

Un cop hagin acabat tots els passos, s'activarà el cilindre STOPPER de la cinta per moure el palet i deixar la posició de palet buida. Llavors la seqüència torna a la part inicial si es compleixen les condicions inicials (palet en posició de recollida d'eix i sistema en mode automàtic).

Aquest és el camí que es segueix si la peça és correcta segons les condicions de material imposades en aquell moment.

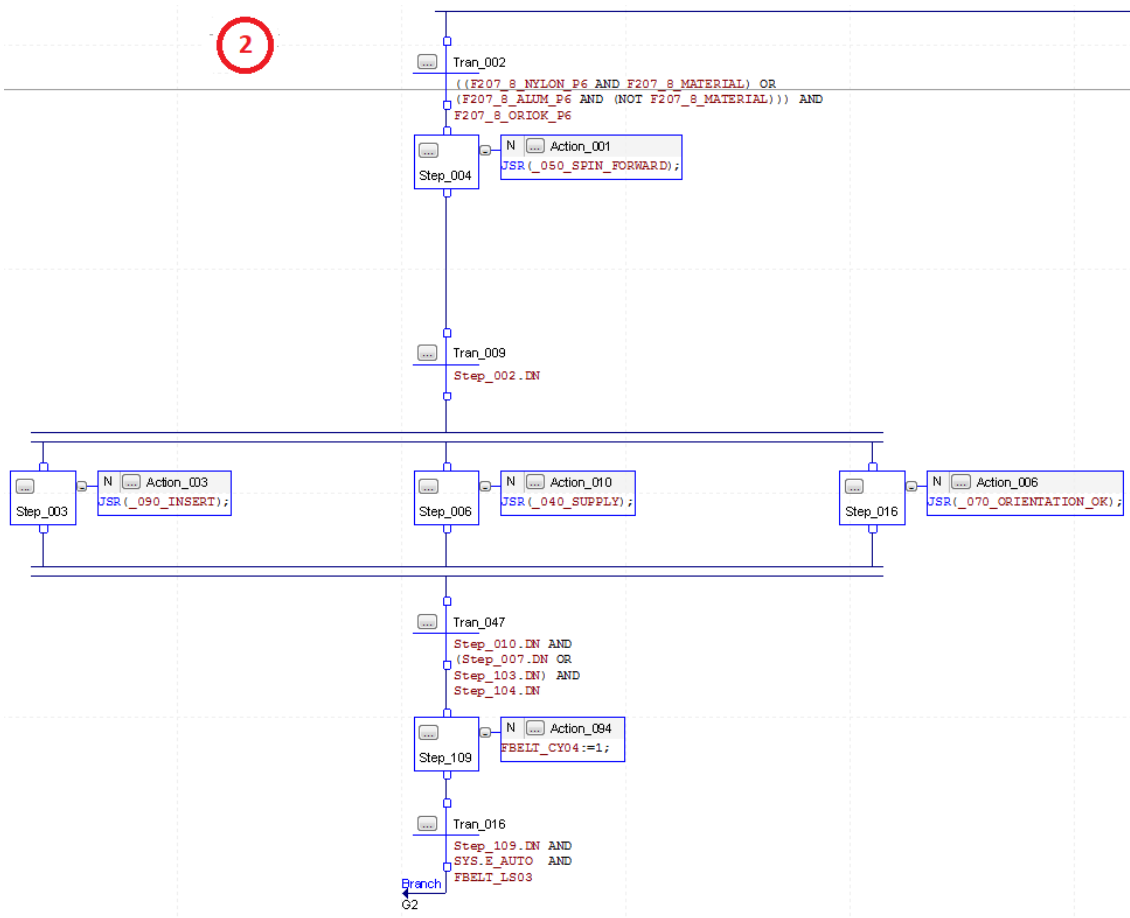


Figura 3.31. Etapa a seguir si la peça és correcta

- El camí central es donarà si a la P6 no hi ha eix o la orientació no és correcta. Si la orientació és incorrecta, a la P5 les peces es rebutgen directament i llavors aquella posició queda buida, però a ulls del sistema una posició està buida només quan el sensor capacitiu no detecta, i aquest, ja està en una posició anterior. Llavors quan es rebutja una peça mal orientada, el seu registre arriba fins la següent posició (P6) per tal de que la seqüència agafi el camí central, on es tracta la condició de P6 buida.

Seguidament, el plat avança i un cop acaba, es realitzen les accions de subministrament de peces i de comprovació de la orientació.

Quan les accions han acabat, la condició per tornar a seguir amb la seqüència, és només que el sistema continuï en mode automàtic. A diferència de la part tractada anteriorment, el palet no es mou perquè encara no s'ha trobat un eix correcte per inserir i per això, no cal tornar a comprovar si el palet està en posició.

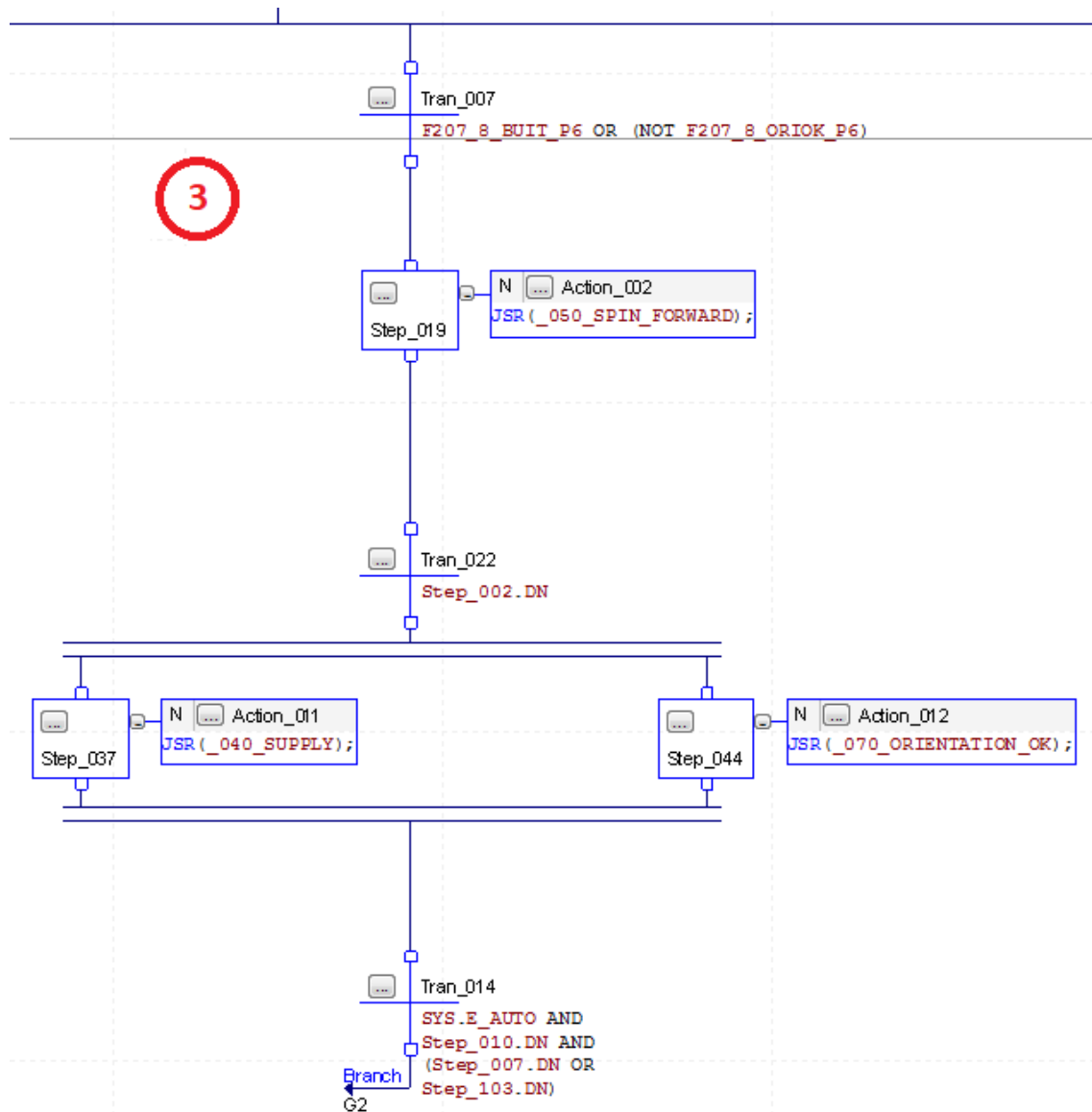


Figura 3.32. Etapa a seguir si no hi ha peça

4. El camí de la dreta es dona quan a la P6 el material de l'eix no concorda amb el seleccionat per l'usuari i la orientació és correcta. Llavors, el plat tira endarrere per fer el procés de rebuig i un cop ha finalitzat, tira 2 cops endavant per tal de recuperar el retrocés i assolir la nova posició.

Un cop acabades aquestes accions, es duu a terme el subministrament de eixos i la comprovació de la orientació. Per tal de seguir amb la seqüència un cop acabats aquests processos, només es necessita que el sistema estigui en mode automàtic tal i com passa al cas anterior, ja que el palet no es mou per falta d'eix correcte.

En aquest camí es tracta aquelles peces que la seva composició no es la demandada per l'usuari en qüestió.

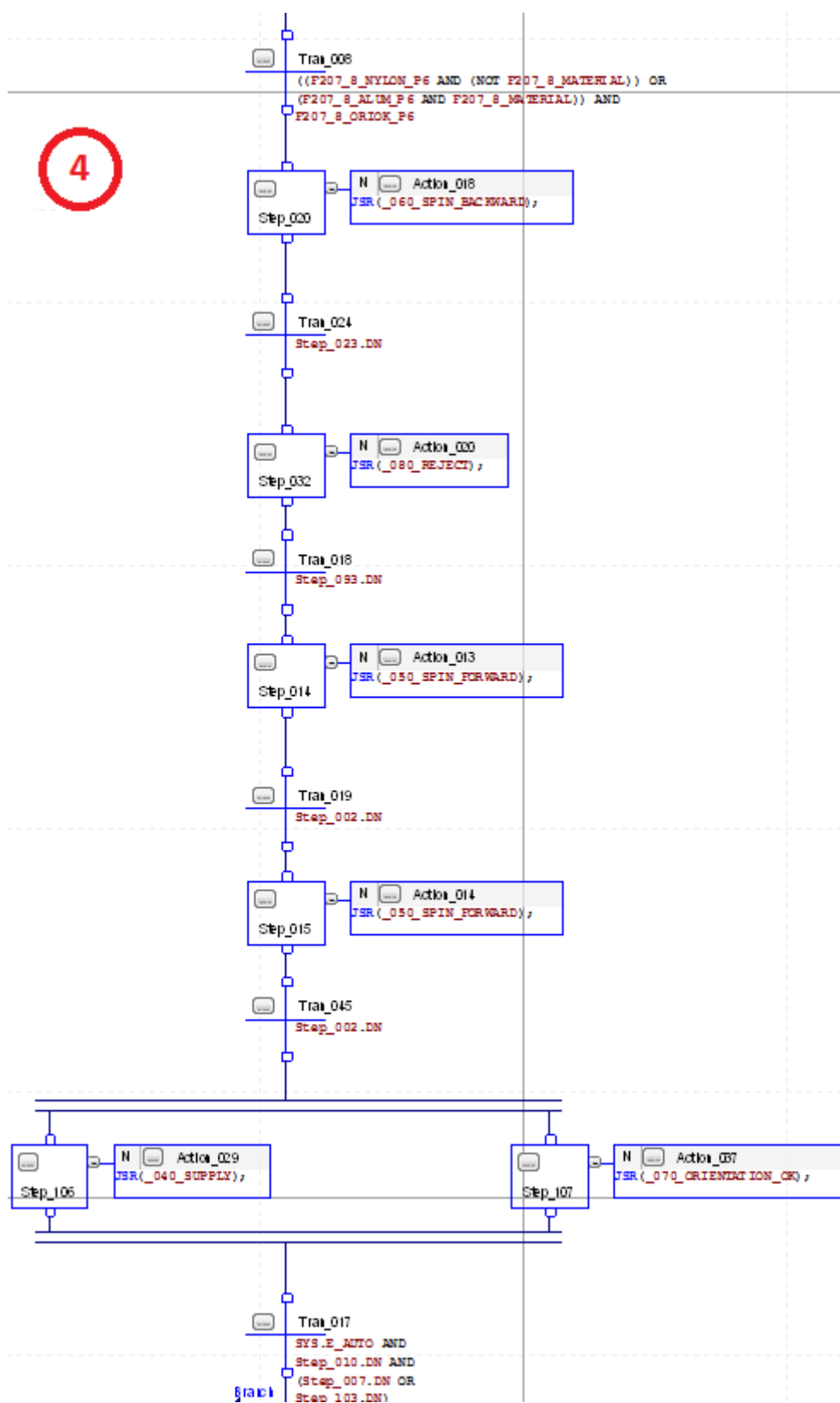


Figura 3.33. Etapa a seguir si la peça és incorrecta

Com s'ha pogut observar al llarg de tota la seqüència, la condició inicial o la qual permet tornar a l'inici, és que el sistema estigui en mode automàtic, però no es demana que ho estigui ni als passos intermedis, ni tan sols a cadascun dels passos que es duen a terme quan es crida cadascuna de les subrutines de procés. En canvi, si que es demana que quan es dona una ordre des de SCADA, el sistema estigui en mode manual, tal i com mostra l'exemple de la *Figura 3.34*.

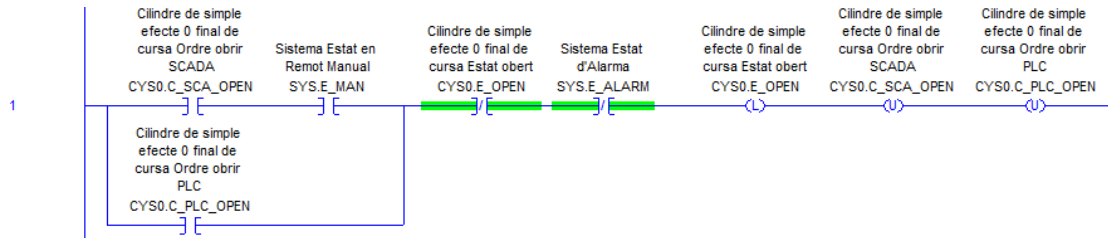


Figura 3.34. Representació del mode de funcionament a l'hora de activar ordres

Es pot veure com les ordres de SCADA si que precisen de l'estat de sistema en mode manual però en canvi, les ordres del PLC, les quals són les associades al mode automàtic no necessiten el propi estat per poder funcionar.

Això s'explica pel fet de que el sistema permet el canvi de mode a qualsevol moment, i per tant, es pot canviar de mode automàtic a manual mentre s'està realitzant una seqüència. Llavors, si hi ha hagués una condició de mode automàtic a tots els passos intermedis i a totes les ordres de PLC, el sistema es quedaria mitges a qualsevol punt pel fet de canviar de mode. Però si la condició de mode AUTO només es troba per iniciar una nova seqüència, el canvi de mode permet acabar la que es troba en curs i un cop acabada, passar al mode manual.

Si es mira al revés, i el sistema està en mode manual i es dona una ordre i abans de desactivar-la es passa a automàtic, la pròpia seqüència s'encarregarà de deixar l'element en posició inicial un cop hagi acabat.

Tot això es fa per una qüestió d'ordre a l'hora de realitzar cadascuna de les accions i així assegurar que els registres de cada posició no queden malmesos per accions de l'usuari.

3.7. Programa del Software SCADA

En primer lloc, cal especificar que la resolució utilitzada pel disseny i desenvolupament del SCADA ha estat 1280x1024 píxels ja que és la resolució nativa dels monitors del laboratori d'automàtica de l'Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE).

3.7.1. Arbre de Navegació

L'arbre de navegació permet visualitzar en quants passos pots arribar a qualsevol pantalla. I com ja es va veure als requeriments de disseny, el sistema ha d'arribar a qualsevol d'aquestes en dos passos o menys.

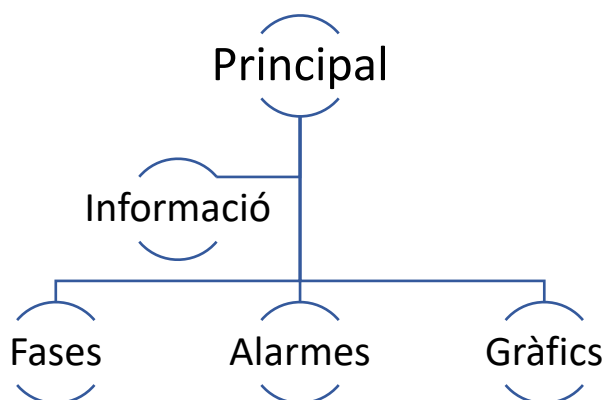


Figura 3.35. Arbre de navegació en forma d'esquema

Com es pot veure a la *Figura 3.35*, partint des de la principal, es pot arribar a qualsevol pantalla en 1 pas, i així, s'agilitza qualsevol canvi que s'hagi de realitzar.

La principal dona lloc 4 pantalles diferents: la de informació bàsica del projecte (autor, etc.), la de fases, les quals són totes aquelles que intervenen al sistema i tenen botons diferents repartits a la pantalla principal per poder accedir-hi sense problemes, la d'alarmes, la qual mostra les incidències que hi han al sistema en temps real, i la de gràfics, la qual mostra les estadístiques de quantes peces han estat correctes i quantes no.

3.7.2. Definició dels Tipus de Dades

Els tipus de dada utilitzat al SCADA és el següents:

- I/O Discrete: són tipus de dades booleanes i que no són internes del propi SCADA ja que I/O especifica que són d'entrada i sortida.

Aquests tipus de dades són les mateixes que es van fer servir per dissenyar el programa de PLC, i com ja es va comentar, totes les senyals, eren dades booleanes.

A més, s'ha creat un grup d'alarmes diferent per aquelles que s'han programat al PLC, de tal manera que hi ha dos grups:

- \$System: grup on es posen per defecte tots els tags creats.
- Alarma: grup creat per tractar totes les alarmes programades i així poder-les representar per separat a la pantalla d'Alarmes.

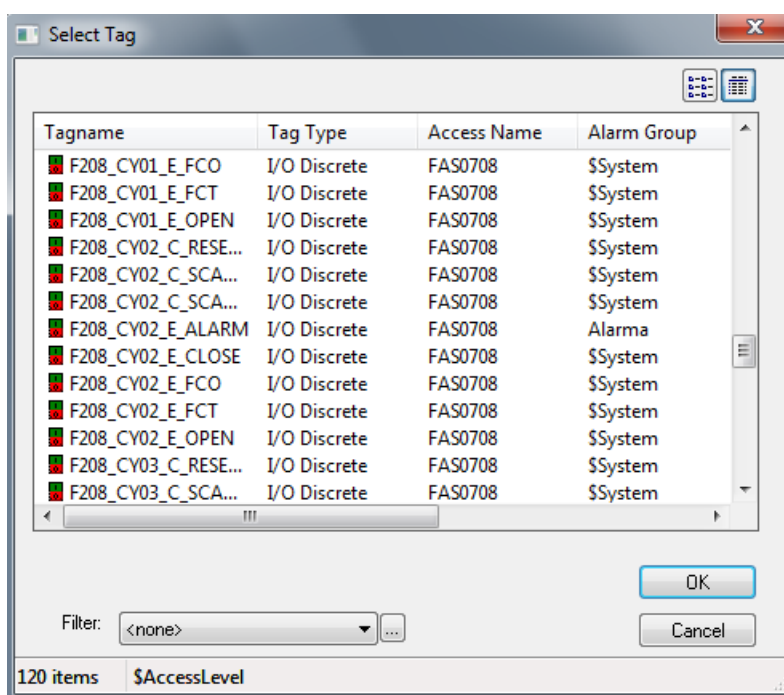


Figura 3.36. Tipus de dades utilitzades a l'aplicació SCADA

Com es pot veure a la Figura 3.36, tots els tags tenen el tipus I/O Discrete i a la part de grup d'alarmes, tots estan a \$System excepte aquells tags E_ALARM, els quals estan al grup d'Alarma.

3.7.3. Disseny de les Pantalles de l'Aplicació

A continuació es veuran les pantalles que s'han desenvolupat per l'aplicació SCADA i s'explicarà el seu disseny.

Principal

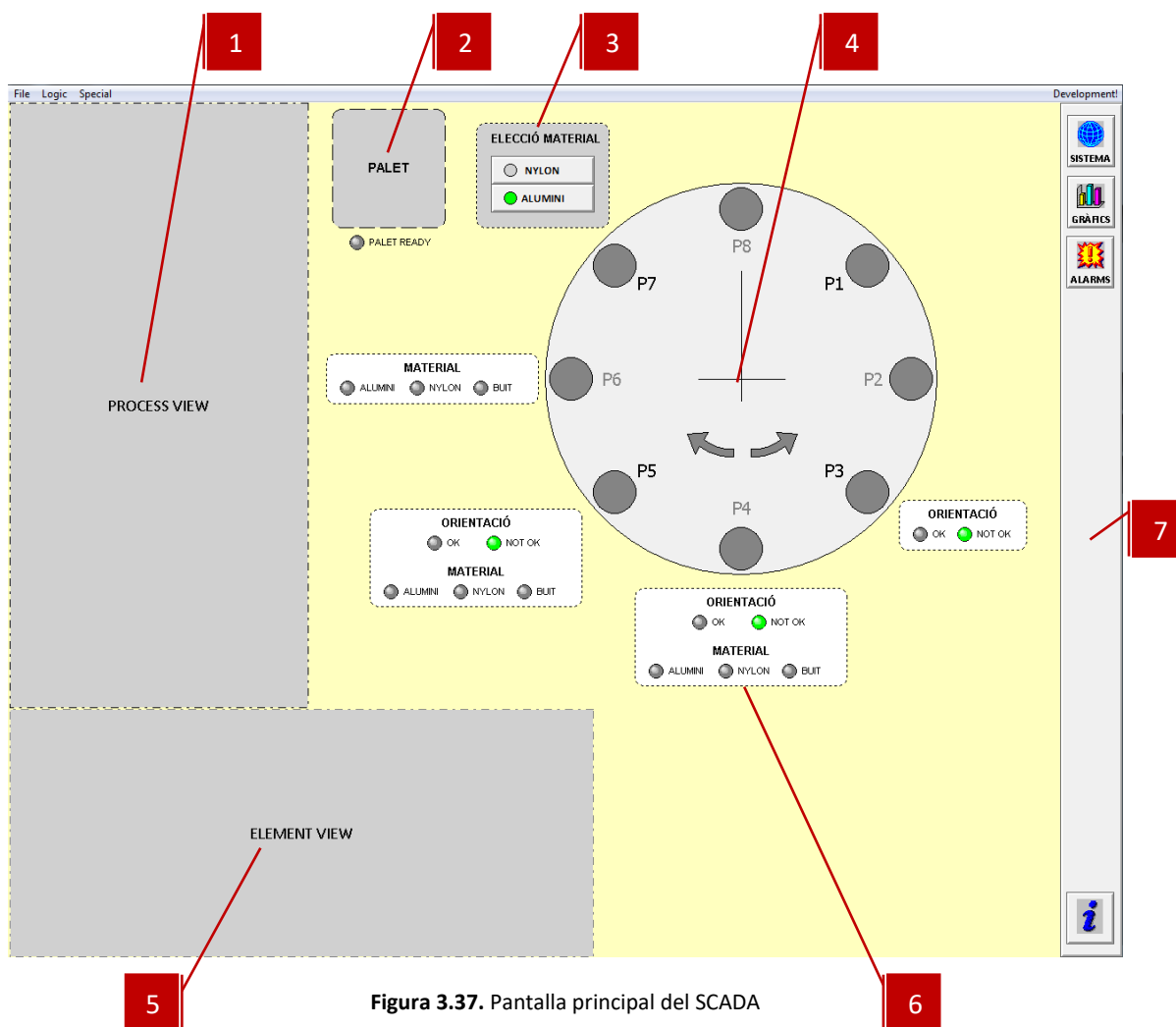


Figura 3.37. Pantalla principal del SCADA

El disseny de pantalla principal, com ja es fa comentat a l'apartat de requeriments de disseny, està pensat per representar la part purament funcional. Com es pot veure a la Figura 3.37, aquesta pantalla està composta per les següents parts:

Nº	Descripció
1	El requadre PROCESS VIEW contindrà els passos a seguir, en forma de GRAFCET, per realitzar tots els processos que hi ha al sistema. D'aquesta manera, es pot supervisar la planta sense tenir un coneixement profund dels elements que disposa i, per tant, facilita les tasques d'aprenentatge.
2	Es representarà el palet un cop estigui en posició d'inserció de peça i té animació per activar el cilindre que permeti el seu desplaçament al llarg de la cinta.

3	En aquest quadre es pot fer l'elecció de la composició dels eixos que es vulguin inserir al palet
4	És la representació del plat amb totes les seves posicions. Aquelles que estan en negreta tenen una animació per obrir el seu PROCESS VIEW i ELEMENT VIEW i així fer la supervisió per processos.
5	El requadre d'ELEMENT VIEW mostra aquells elements associats a cada procés del sistema. Disposa dels pilots i botons pertinents per veure els estats i comandar ordres des del SCADA.
6	Aquests requadres que envolten el plat representen quin tipus de peça contenen a cada posició segons la orientació i la composició.
7	Arbre de navegació per les finestres de sistema, alarmes, gràfics i informació bàsica del sistema,

Taula 3.21. Punts importants de la pantalla principal

Sistema

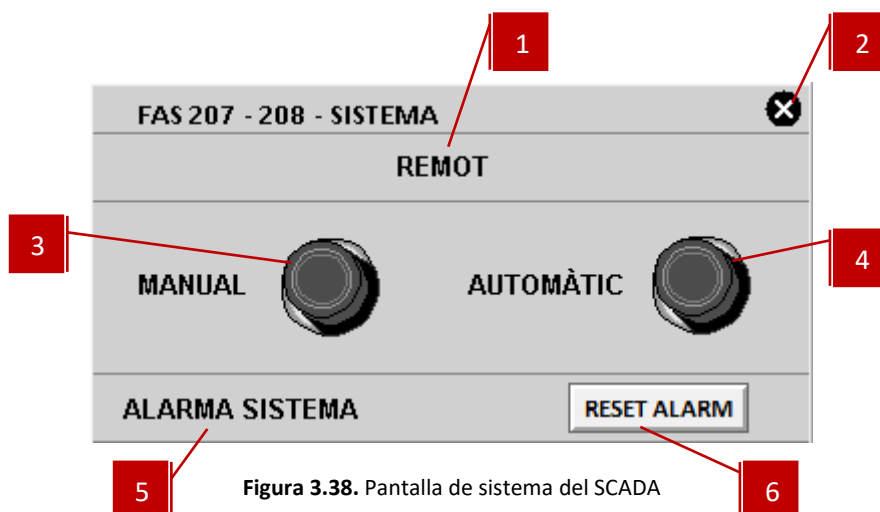


Figura 3.38. Pantalla de sistema del SCADA

La *Figura 3.38* representa la pantalla de sistema i té les següents característiques:

Nº	Descripció
1	El requadre de remot es posarà en de color verd si el sistema passa a estat remot, sinó es quedarà amb el color actual, el gris.
2	És un botó que permet tancar la pantalla de sistema.
3	És un botó que permet passar el sistema a mode manual. En cas d'estar en aquest mode, el botó sortirà de color verd.
4	És un botó que permet passar el sistema a mode automàtic. En cas d'estar en aquest mode, el botó sortirà de color verd.
5	El requadre d'ALARMA SISTEMA proporcionarà una llum vermella intermitent si el sistema es troba en alarma.
6	Aquest botó farà un RESET de l'alarma de sistema.

Taula 3.22. Punts importants de la pantalla de sistema

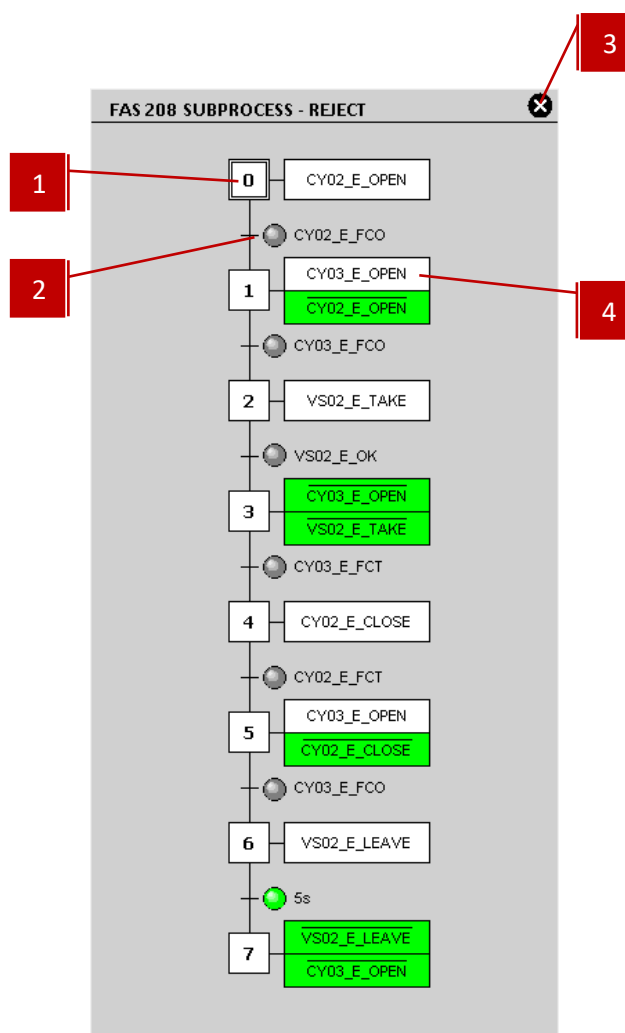
PROCESS VIEW

Figura 3.39. Exemple de la pantalla de PROCESS VIEW del procés de rebuig de peça

La *Figura 3.39* representa un exemple d'un dels processos del requadre PROCESS VIEW, el qual presenta les següents característiques:

Nº	Descripció
1	Són cadascun dels passos que s'han de dur a terme per finalitzar el procés.
2	Condició per passar d'un pas a un altre. Es posarà de color verd si s'està complint la mateixa.
3	És un botó que permet tancar la pantalla de PROCESS VIEW i alhora tanca la de ELEMENT VIEW associada, per evitar confusions entre les diferents pantalles de cada procés.
4	Accions que s'han de dur a terme al pas associat i que permeten complir les condicions per seguir avançant.

Taula 3.23. Punts importants de la pantalla de PROCESS VIEW

ELEMENT VIEW

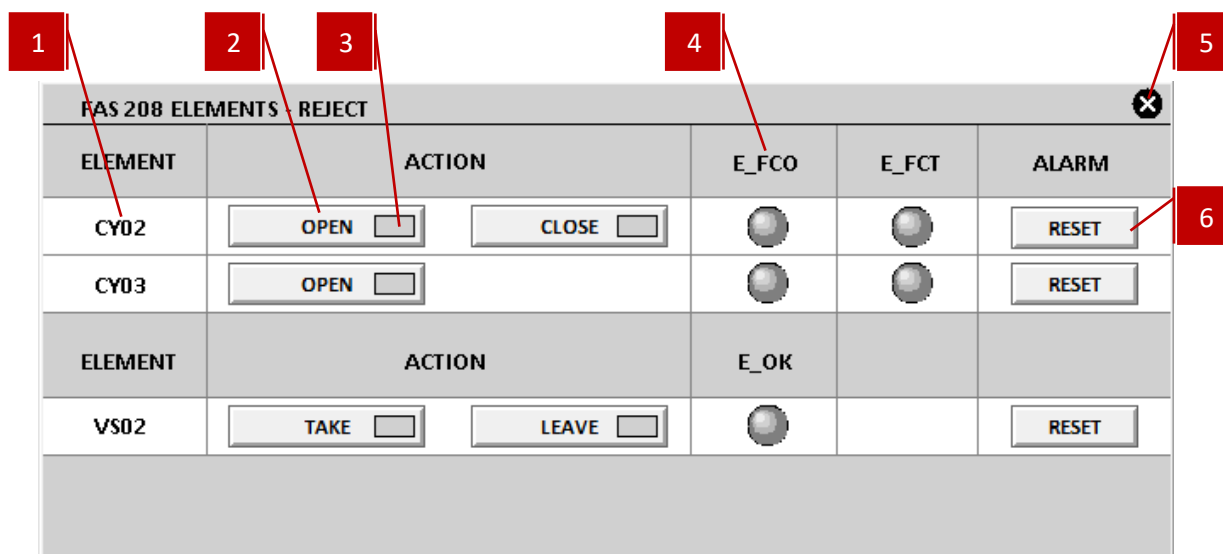


Figura 3.40. Exemple de la pantalla d'ELEMENT VIEW del procés de rebuig de peça

A la pantalla d'ELEMENT VIEW es poden veure els elements associats a un mateix procés. Ofereix les següents característiques:

Nº	Descripció
1	Cada element té el seu requadre independent. En cas d'alarma d'aquell element, tot el quadre emetrà una llum vermella intermitent.
2	Són botons que activen o desactiven les diferents accions associades a cada element.
3	Són pilots que es posen de color verd si l'acció associada ha estat activada. Amb la desactivació del estat, tornen a estar de color gris.
4	Són els diferents detectors que té cada element: finals de cursa, detectors de buit i sensors de posició final i inicial. Es posen de color verd si estan detectant.
5	És un botó que permet tancar la pantalla de ELEMENT VIEW i alhora tanca la de PROCESS VIEW associada, per evitar confusions entre les diferents pantalles de cada procés.
6	És un botó que permet fer el RESET de l'alarma de cada element de forma independent.

Taula 3.24. Punts importants de la pantalla de ELEMENT VIEW

3.7.4. Scripts

Els scripts permeten programar el funcionament de l'aplicació SCADA. En aquest cas, només s'han fet servir per quan s'arranca l'aplicació de zero.

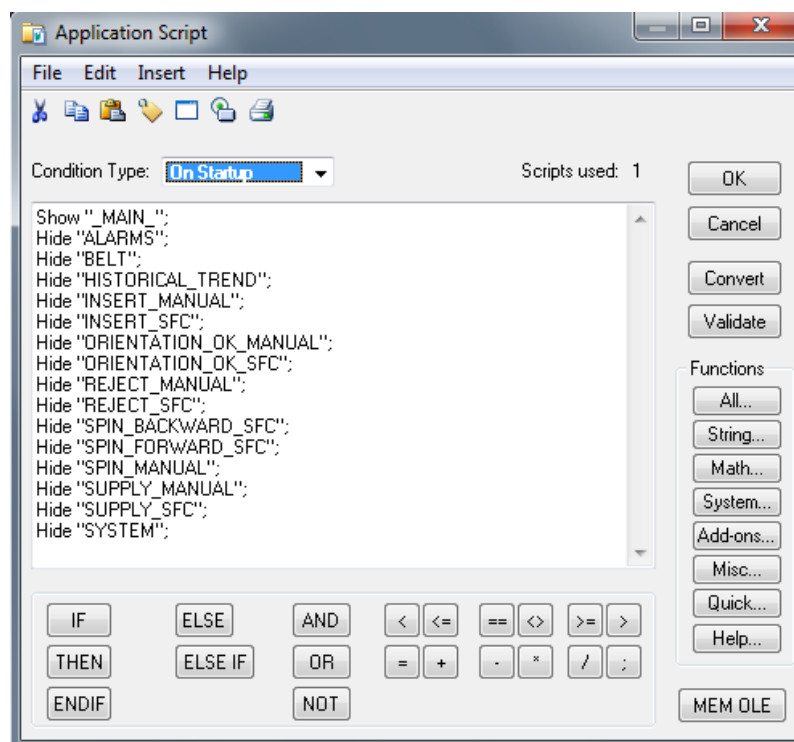
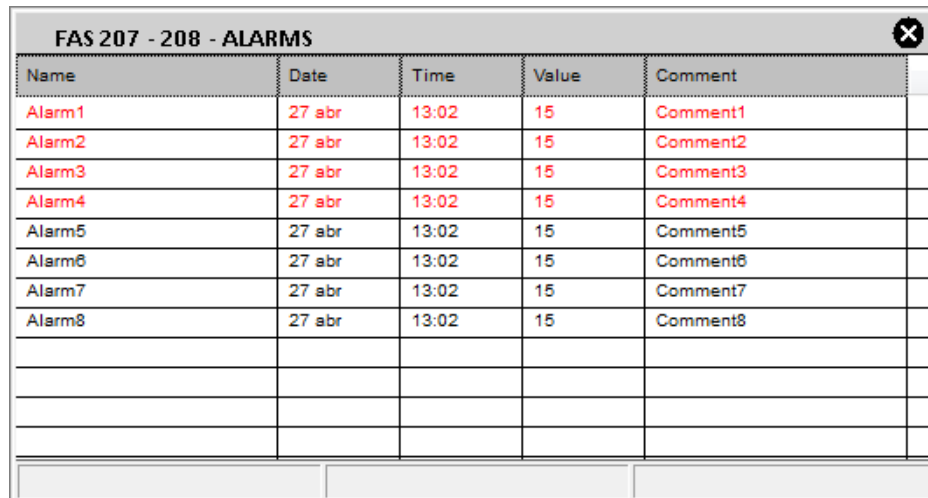


Figura 3.41. Script utilitzat a l'aplicació SCADA

A la *Figura 3.41* es pot veure que el script només s'ha utilitzat al inici ("On Startup") per obrir la finestra principal i tancar totes les altres.

3.7.5. Disseny de la Interfície d'Alarmes del Sistema

Tot sistema SCADA necessita una pantalla per poder supervisar quines són les alarmes que es produeixen durant les diferents processos i subprocessos del sistema i realitzar les accions pertinents de tal manera que es procedeixi amb el seu funcionament habitual.



Name	Date	Time	Value	Comment
Alarm1	27 abr	13:02	15	Comment1
Alarm2	27 abr	13:02	15	Comment2
Alarm3	27 abr	13:02	15	Comment3
Alarm4	27 abr	13:02	15	Comment4
Alarm5	27 abr	13:02	15	Comment5
Alarm6	27 abr	13:02	15	Comment6
Alarm7	27 abr	13:02	15	Comment7
Alarm8	27 abr	13:02	15	Comment8

Figura 3.42. Pantalla d'alarmes del sistema SCADA

Com es pot veure a la *Figura 3.42*, hi ha dos colors diferents: el vermell, per indicar que una alarma està activa en aquest moment i el negre, per indicar que ja s'ha desactivat. La pantalla d'alarmes està dividida en varies columnes:

- Name: representa el nom de l'element junt amb E_ALARM que tal i com ja s'ha explicat són les alarmes associades al grup Alarma que és el que està designat a la taula.
- Date: data a la qual es va produir la alarma i a la qual es va desactivar.
- Time: hora amb format 24h per tenir un control més precís sobre les alarmes.
- Comment: petita descripció de l'alarma.

3.7.6. Gràfics d'Històrics i Tendències

A l'hora de realitzar un seguiment de quins són els resultats del procés, s'utilitzen els gràfics històrics .

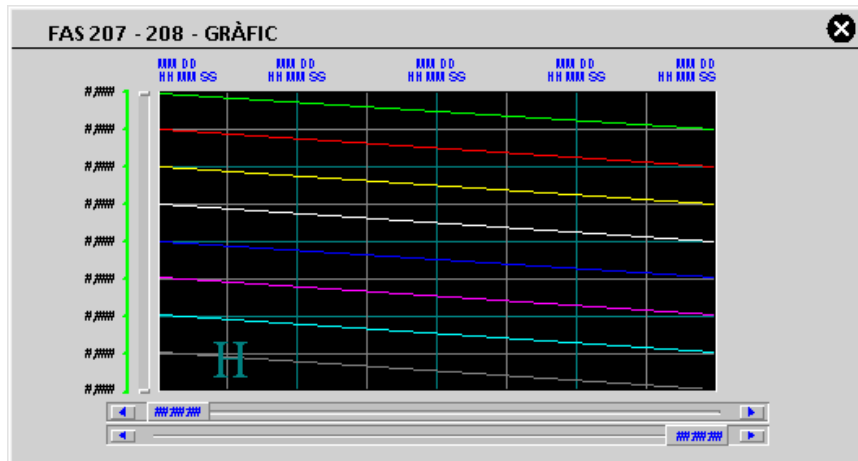


Figura 3.43. Pantalla del gràfic històric del SCADA

La *Figura 3.40* representa un gràfic que fa un recompte de peces de tal manera que es pot saber la quantitat de peces correctes i incorrectes que han sortit del sistema. I dins de les peces correctes es pot saber quin ha estat el seu material i dins de les incorrectes quines han estat per material i quines per orientació.

4. Proves i Resultats

En aquest apartat s'explicaran les proves que s'han dut a terme durant el projecte i quins són els resultats obtinguts.

4.1. Proves

Hi ha dos tipus de proves a tenir en compte: les FAT (Factory Acceptance Test) les quals representen aquells tests que s'han realitzat abans de provar directament sobre la planta, i per altra banda, les SAT (Site Acceptance Test), aquelles proves que s'han fet al laboratori sobre la FAS.

Per realitzar les FAT de comunicacions PLC-SCADA s'han comprovat mitjançant un PLC emulat i mirant que tots els estats i les ordres es veiessin reflectits a cada banda. Ja que no es disposa d'una simulació de la planta real, les proves de funcionalitat s'han realitzat forçant valors sobre el PLC emulat i imitant el funcionament de la planta real.

Les proves de comunicacions de les SAT no només involucren la part PLC-SCADA, sinó també la part PLC-PLCs MicroLogix-planta. I ara sí, les proves de funcionalitat es poden fer adequadament.

Dins d'aquests dos tipus, s'han fet dos tipus de proves: proves de comunicacions i proves de funcionalitat. El primer tipus és la comprovació de que cadascuna de les senyals que intervenen al sistema SCADA-PLC-Planta estiguin ben interconnectades. Les proves de funcionalitat es refereixen a aquelles que verifiquen el correcte funcionament de la seqüència i de la resta de programació.

4.2. Resultats

En aquest apartat es parlarà de les proves comentades a l'apartat anterior amb un èmfasi particular sobre les proves SAT de funcionalitat ja que verifiquen el comportament correcte del sistema.

Totes les FAT realitzades han donat resultats satisfactoris tant de comunicacions com de funcionalitat, donades les limitacions per comprovar-la.

En quant a les SAT de comunicacions també han donat resultats satisfactori excepte un cas en particular:

- F208_RA01.XPINI: no s'han pogut establir comunicacions amb la senyal relacionada amb el detector de posició inicial del actuador rotatiu a la FAS 208. El propi PLC de la FAS 208 no detectava aquesta posició.

Respecte a les SAT de funcionament, s'han realitzat les següents proves:

Conjunt	Nº	Prova	Resultat esperat	Valoració
Sistema	1	Quan la FAS 207 i 208 entren en estat remot entra al mode per defecte	Mode manual	Correcte
	2	Intent de canviar de mode mentre el sistema està en alarma	No es pot canviar de mode en circumstàncies d'alarma	Correcte
	3	Accionar mode manual mentre la seqüència està activa	El sistema espera a que hagi acabat i llavors fa la transició	Correcte
	4	Mode quan el sistema deixar d'estar en remot	No hi ha cap mode actiu	Correcte
	5	Activació Alarma d'un Element	Activació Alarma de Sistema	Correcte
	6	Activar Reset Alarma Sistema	Es realitza el Reset d'Alarma de Sistema sempre que no hi hagi cap element en alarma	Correcte
	7	Sistema en alarma	No funciona l'activació de cap element	Correcte
CY01 FAS 207	1	Ordre d'obrir (mentre no està obrint)	Estat d'obrir ON	Correcte
	2	Ordre d'obrir (mentre està obrint)	Estat d'obrir OFF	Correcte
CY02 FAS 207	1	Ordre d'obrir (mentre no està obrint)	Estat d'obrir ON	Correcte
	2	Ordre d'obrir (mentre està obrint)	Estat d'obrir OFF	Correcte
	3	Detecció Final de cursa obert	Estat FCO ON	Correcte
	4	Estat d'obrir ON durant 5s i no es detecta Estat FCO ON	Alarma Element ON	Correcte
	5	Alarma Element ON	Estat d'obrir OFF	Correcte
	6	Ordre Reset Alarma Element	Alarma Element OFF	Correcte
CY03 FAS 207	1	Ordre d'obrir (mentre no està obrint)	Estat d'obrir ON	Correcte
	2	Ordre d'obrir (mentre està obrint)	Estat d'obrir OFF	Correcte
	3	Detecció Final de cursa obert	Estat FCO ON	Correcte
	4	Estat d'obrir ON durant 5s i no es detecta Estat FCO ON	Alarma Element ON	Correcte
	5	Alarma Element ON	Estat d'obrir OFF	Correcte
	6	Ordre Reset Alarma Element	Alarma Element OFF	Correcte

CY04 FAS 207	1	Ordre d'obrir (mentre no està obrint)	Estat d'obrir ON	Correcte
	2	Ordre d'obrir (mentre està obrint)	Estat d'obrir OFF	Correcte
IS01 FAS 207	1	Detecció de peça metàl·lica	Estat de detecció ON	Correcte
IS02 FAS 207	1	Detecció de peça	Estat de detecció ON	Correcte
CY01 FAS 208	1	Ordre d'obrir (mentre no està obrint)	Estat d'obrir ON	Correcte
	2	Ordre d'obrir (mentre està obrint)	Estat d'obrir OFF	Correcte
	3	Detecció Final de cursa obert	Estat FCO ON	Correcte
	4	Detecció Final de cursa tancat	Estat FCT ON	Correcte
	5	Estat d'obrir ON durant 5s i no es detecta Estat FCO ON	Alarma Element ON	Correcte
	6	Estat d'obrir OFF durant 5s i no es detecta Estat FCT ON	Alarma Element ON	Correcte
	7	Alarma Element ON	Estat d'obrir OFF	Correcte
	8	Ordre Reset Alarma Element	Alarma Element OFF	Correcte
CY02 FAS 208	1	Ordre d'obrir (mentre no està obrint)	Estat d'obrir ON	Correcte
	2	Ordre d'obrir (mentre està obrint)	Estat d'obrir OFF	Correcte
	3	Ordre de tancar (mentre no està tancant)	Estat de tancar ON	Correcte
	4	Ordre de tancar (mentre està tancant)	Estat de tancar OFF	Correcte
	5	Detecció Final de cursa obert	Estat FCO ON	Correcte
	6	Detecció Final de cursa tancat	Estat FCT ON	Correcte
	7	Estat d'obrir ON durant 5s i no es detecta Estat FCO ON	Alarma Element ON	Correcte
	8	Estat de tancar ON durant 5s i no es detecta Estat FCT ON	Alarma Element ON	Correcte
	9	Alarma Element ON	Estat d'obrir OFF Estat de tancar OFF	Correcte
	10	Ordre Reset Alarma Element	Alarma Element OFF	Correcte
CY03 FAS 208	1	Ordre d'obrir (mentre no està obrint)	Estat d'obrir ON	Correcte
	2	Ordre d'obrir (mentre està obrint)	Estat d'obrir OFF	Correcte
	3	Detecció Final de cursa obert	Estat FCO ON	Correcte

	4	Detecció Final de cursa tancat	Estat FCT ON	Correcte
	5	Estat d'obrir ON durant 5s i no es detecta Estat FCO ON	Alarma Element ON	Correcte
	6	Estat d'obrir OFF durant 5s i no es detecta Estat FCT ON	Alarma Element ON	Correcte
	7	Alarma Element ON	Estat d'obrir OFF	Correcte
	8	Ordre Reset Alarma Element	Alarma Element OFF	Correcte
RA01 FAS 208	1	Ordre d'obrir (mentre no està obrint)	Estat d'obrir ON	Correcte
	2	Ordre d'obrir (mentre està obrint)	Estat d'obrir OFF	Correcte
	3	Detecció Posició Inicial	Estat PINI ON	Incorrecte
	4	Detecció Posició Final	Estat PEND ON	Correcte
	5	Estat d'obrir ON durant 5s i no es detecta Estat PEND ON	Alarma Element ON	Correcte
	6	Estat d'obrir OFF durant 5s i no es detecta Estat PINI ON	Alarma Element ON	Incorrecte
	7	Alarma Element ON	Estat d'obrir OFF	Correcte
	8	Ordre Reset Alarma Element	Alarma Element OFF	Correcte
VS01 FAS 208	1	Ordre d'agafar (mentre no està agafant)	Estat d'agafar ON	Correcte
	2	Ordre d'agafar (mentre està agafant)	Estat d'agafar OFF	Correcte
	3	Ordre de deixar (mentre no està deixant)	Estat de deixar ON	Correcte
	4	Ordre de deixar (mentre està deixant)	Estat de deixar OFF	Correcte
	5	Detecció de buit OK	Estat OK ON	Correcte
	6	Estat d'agafar ON durant 5s i no es detecta Estat OK ON	Alarma Element ON	Correcte
	7	Alarma Element ON	Estat d'agafar OFF	Correcte
	8	Ordre Reset Alarma Element	Alarma Element OFF	Correcte
VS02 FAS 208	1	Ordre d'agafar (mentre no està agafant)	Estat d'agafar ON	Correcte
	2	Ordre d'agafar (mentre està agafant)	Estat d'agafar OFF	Correcte
	3	Ordre de deixar (mentre no està deixant)	Estat de deixar ON	Correcte
	4	Ordre de deixar (mentre està deixant)	Estat de deixar OFF	Correcte
	5	Detecció de buit OK	Estat OK ON	Correcte
	6	Estat d'agafar ON durant 5s i no es detecta Estat OK ON	Alarma Element ON	Correcte
	7	Alarma Element ON	Estat d'agafar OFF	Correcte

	8	Ordre Reset Alarma Element	Alarma Element OFF	Correcte
Cinta	1	Ordre d'obrir cilindre Stopper	Cilindre Stopper obrint	Correcte
	2	Detecció palet	Estat palet detectant	Correcte

Taula 4.1. Proves i Resultats obtinguts

5. Normativa

En aquest apartat es parlarà de la normativa utilitzada per realitzar tota la programació i la codificació dels elements a la part de PLC i també les normes per l'aplicació SCADA.

5.1. Codificació dels elements

A l'hora realitzar tota la identificació i codificació de cadascuna de les senyals del sistema s'ha seguit l'estàndard **ISA S5.1**, el qual està molt present a la indústria actual.

En quant a les variables que no són senyals d'entrada/sortida planta s'ha seguit un criteri similar per tal de fer tot el programa el més homogeni possible.

5.2. Programació del PLC

En aquest punt, l'estàndard **IEC 61131**, tercera part, explica quines són les regles ha seguir per utilitzar qualsevol dels dos llenguatges d'aquest projecte: Ladder i SFC ,i el seu correcte funcionament per realitzar una programació vàlida per a la comprensió.

5.3. Aplicació SCADA

Per realitzar tot el disseny i desenvolupament de l'aplicació SCADA s'ha seguit la **guia GEDIS**, la qual explica directrius per la part gràfica de l'aplicació: com ha de ser la navegació, els colors utilitzats (estat actiu, estat inactiu, alarma, etc), l'ús de les fonts a la informació donada, com s'han de representar les alarmes, etc.

6. Conclusions

Un cop acabat el projecte i analitzant que l'objectiu principal era el disseny i la implementació d'un PLC i una aplicació SCADA per fer funcionar de manera remota el sistema de la FAS 207 i 208, i veient tot el desenvolupament del projecte juntament amb les proves i resultats, es pot concloure satisfactòriament havent realitzat tots els punts proposats.

En quant a la part de PLC, s'ha fet servir el llenguatge SFC, el qual, tot i què, no va semblar tant intuïtiu com el Ladder, es pot dir que de cara a no només comprendre el funcionament, sinó a la pròpia realització de proves i correcció d'errors, es fa un llenguatge molt vàlid i fàcil de manipular per l'estructura tan ordenada que disposa.

Per altra banda, l'aplicació SCADA s'ha realitzat també amb expectatives docents i es considera que s'ha assolit aquest objectiu ja que es fa bastant assequible de controlar un cop ja es sap com funciona el conjunt.

La part que va presentar més dificultats va ser la de comunicacions, ja que la missatgeria entre PLCs va ser un tema que no es tracta de manera massa profunda durant el grau i potser per això, es va perdre una mica més de temps amb la mateixa.

Finalment, es conclou que tot i les possibles dificultats, s'ha après molt durant el desenvolupament del projecte ja que es pot extrapolar d'una forma molt directa al món laboral i, per tant, serveix com a experiència per futurs projectes d'automàtica.

7. Bibliografia

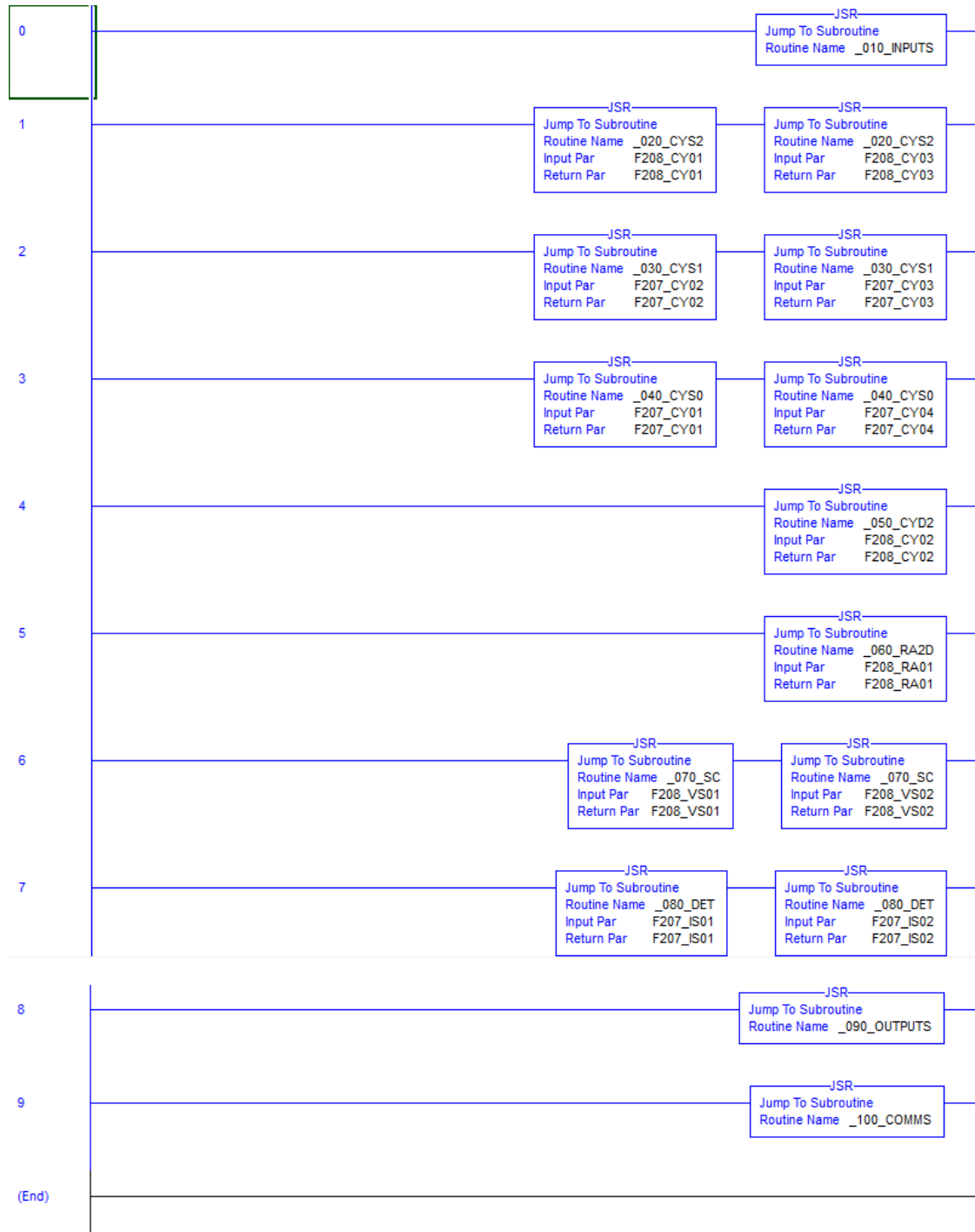
- [1] Allen-Bradley, «Rockwell Automation,» [En línia]. Available:
https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td005_-en-p.pdf.
- [2] Allen-Bradley, «Rockwell Automation,» [En línia]. Available:
https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1756-rm003_-es-p.pdf.
- [3] Allen-Bradley, «Rockwell Automation,» [En línia]. Available:
https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm006_-en-p.pdf.
- [4] Allen-Bradley, «Rockwell Automation,» [En línia]. Available:
https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm008_-en-p.pdf.
- [5] SMC_Manual_de_Usuario, «SMC International Training,» [En línia]. Available:
<https://www.smctraining.com/webpage/indexpage/235>.
- [6] Guía_de_Usuario_In_Touch, «Wonderware,» [En línia]. Available:
<https://www.wonderware.es/HMI-SCADA/InTouch/>.

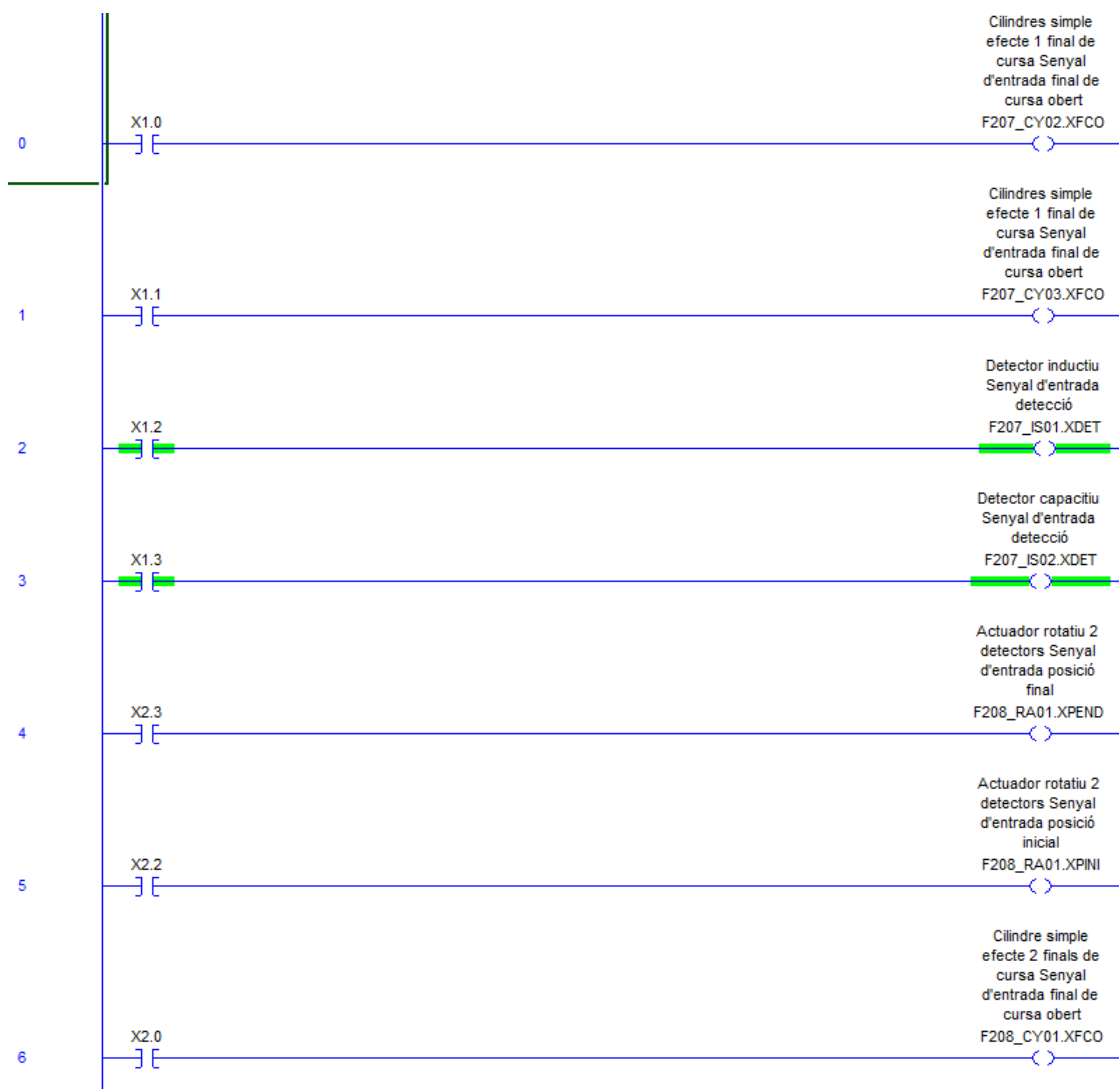
Annex 1: Programa PLC

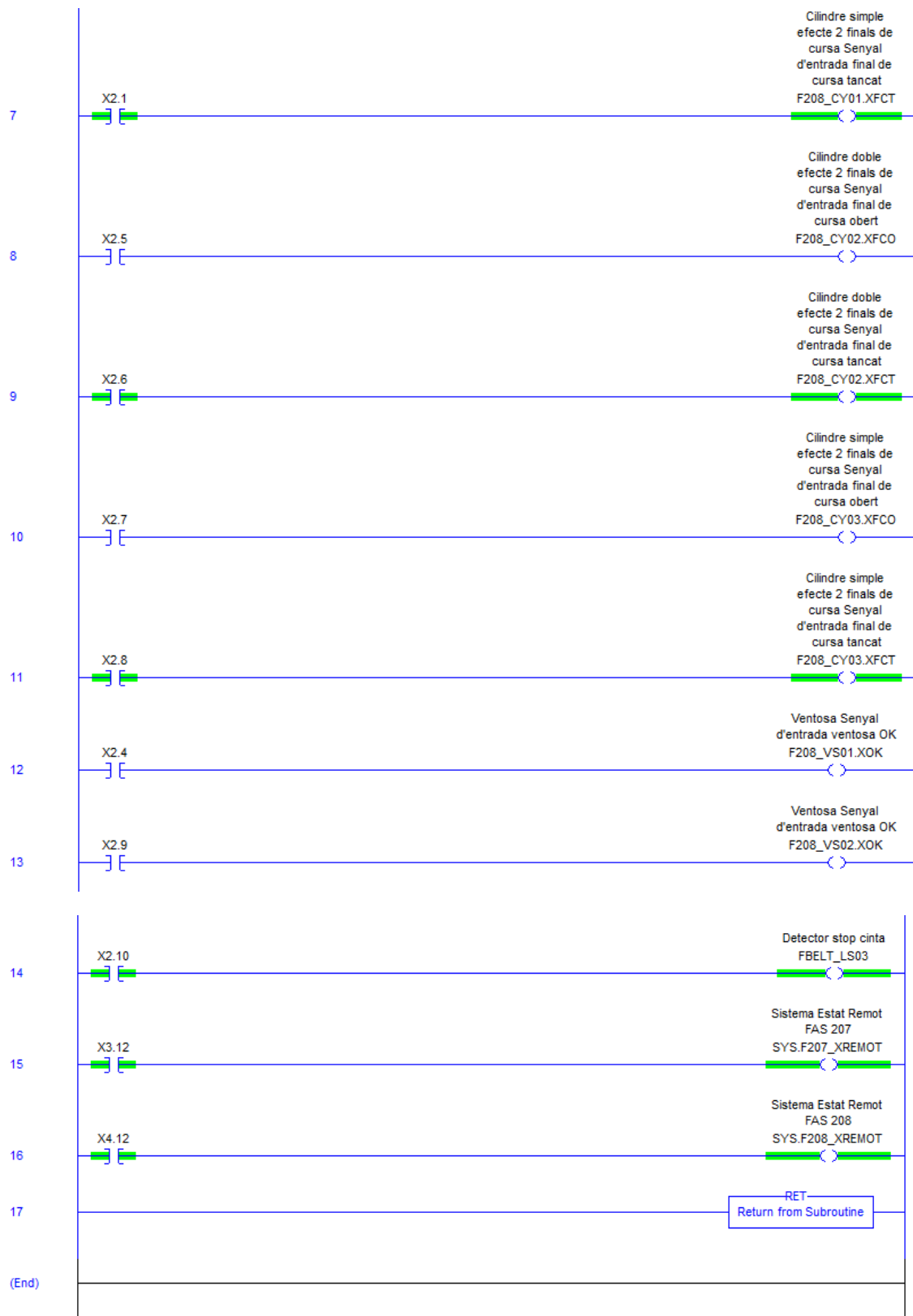
En aquest annex s'inclourà tota la programació del PLC realitzada per subrutines.

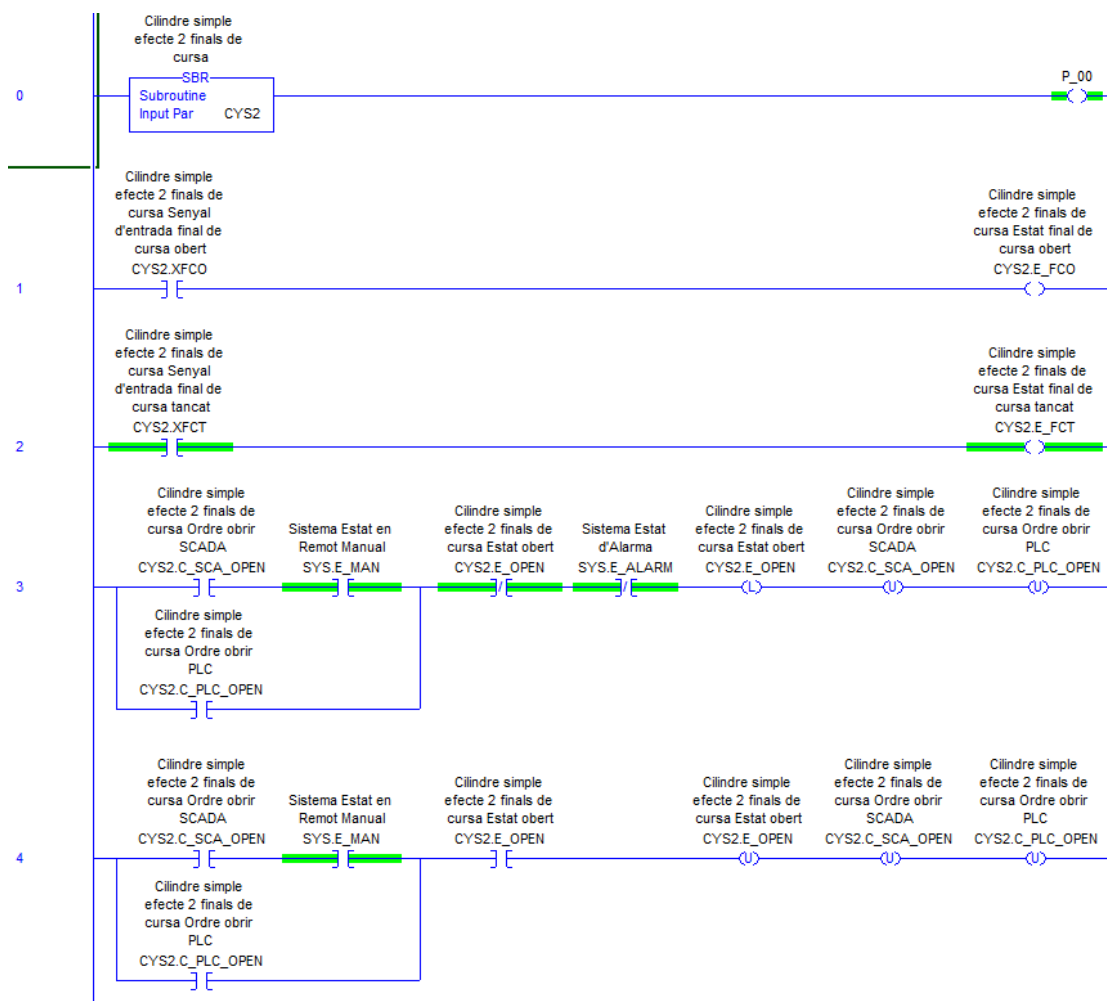
MainProgram

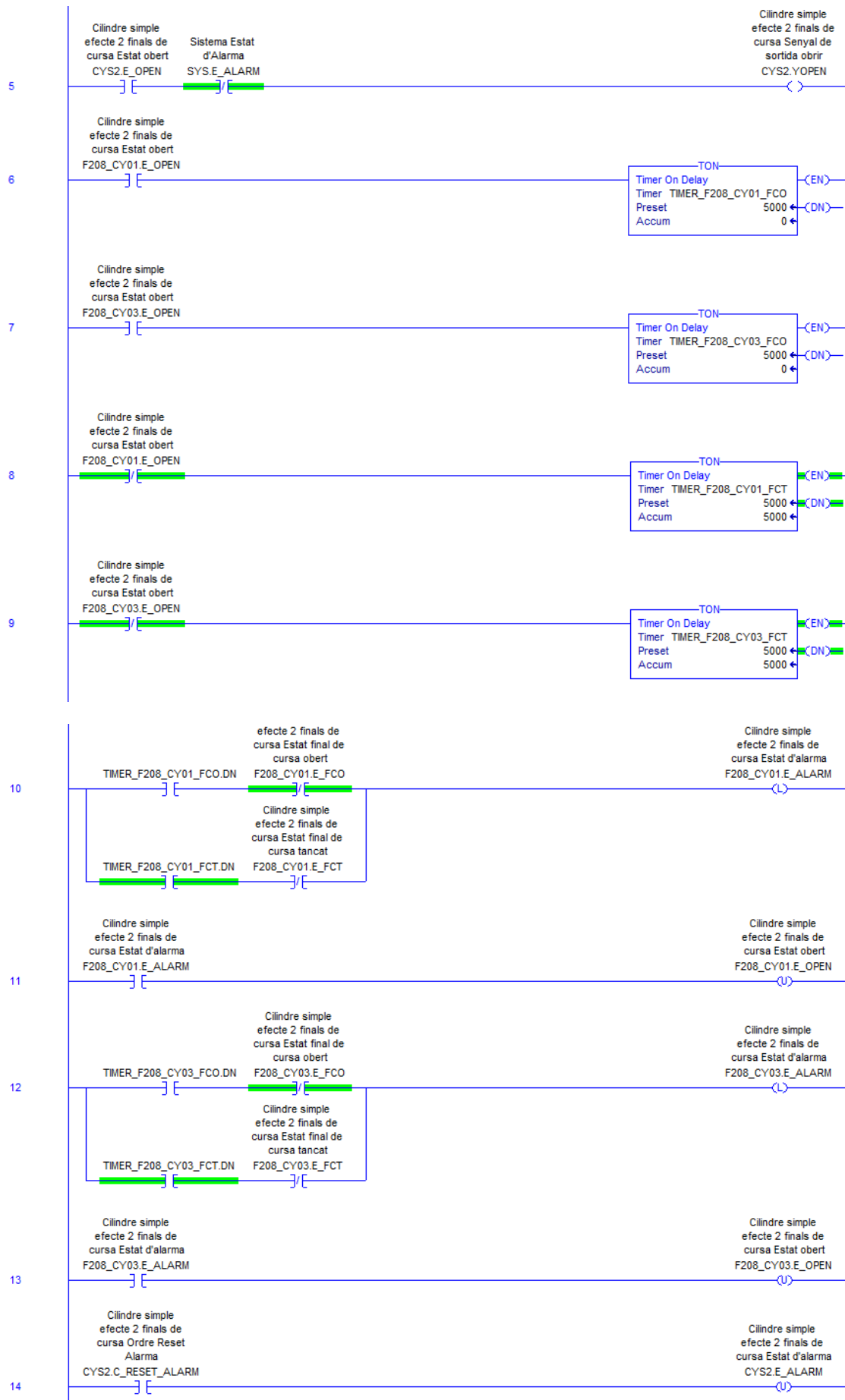
_000_MainRoutine

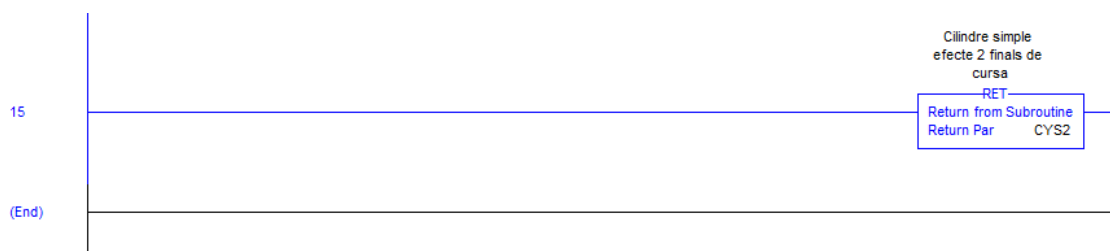
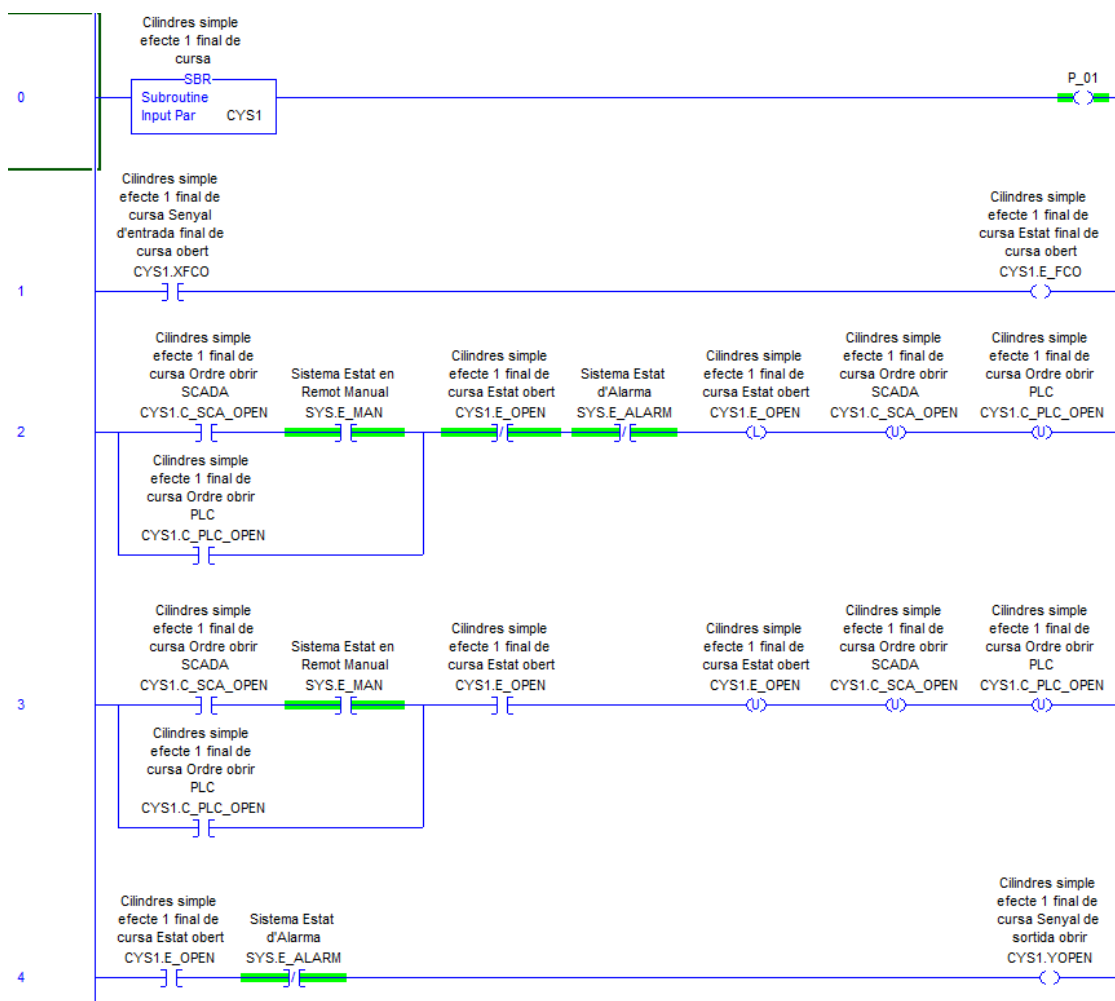


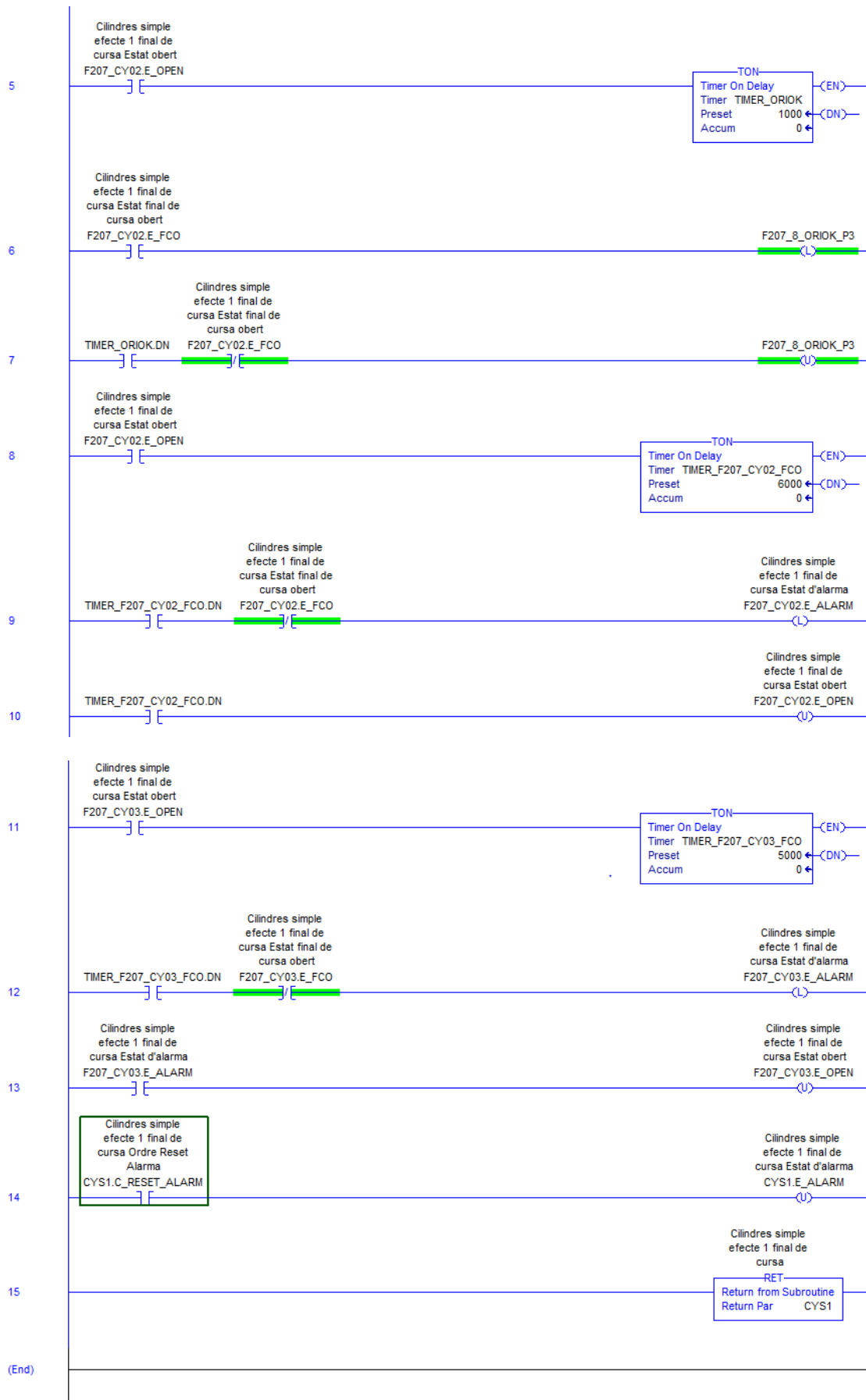
_010_INPUTS

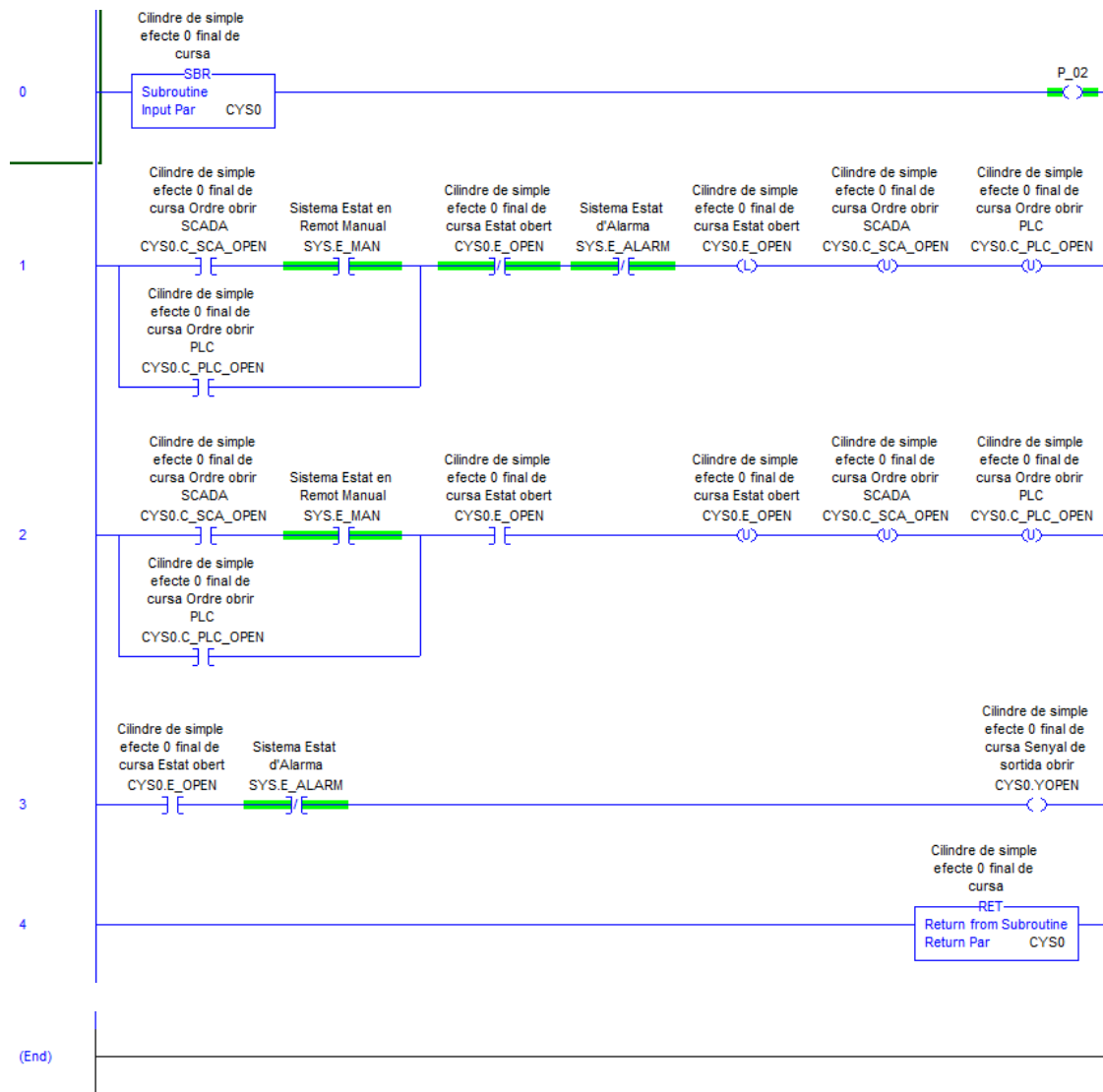


_020_CYS2

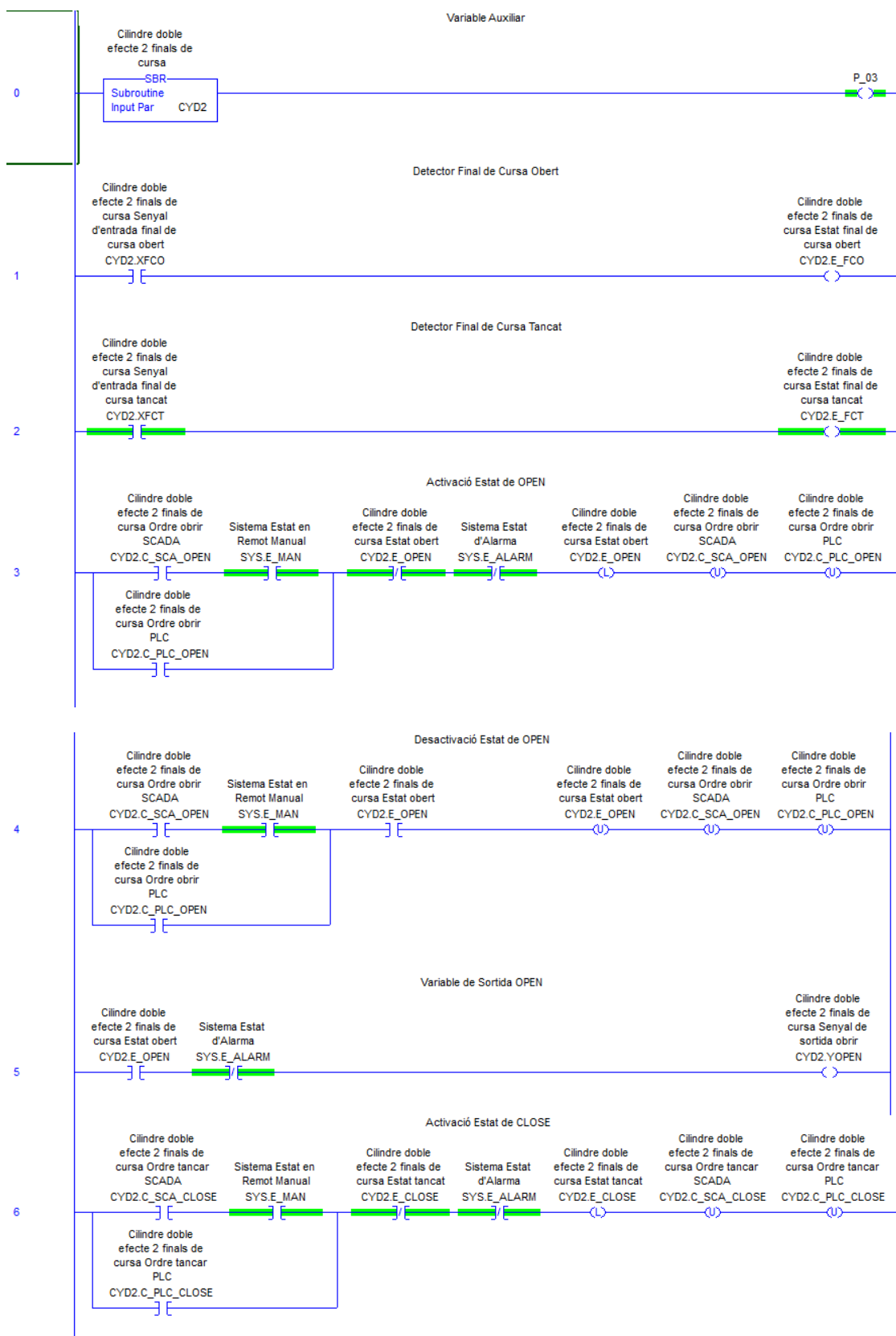


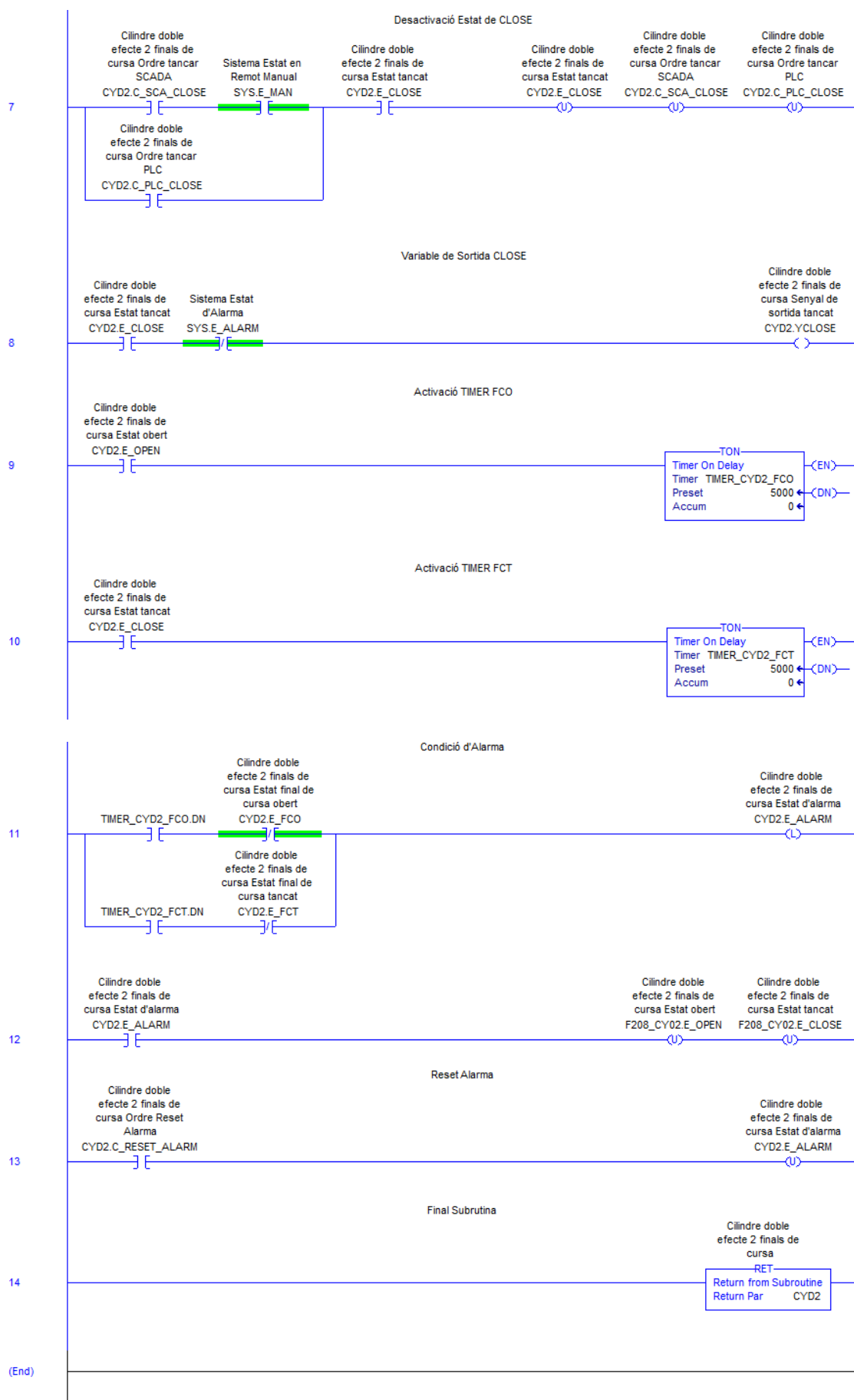
**_030_CYS1**



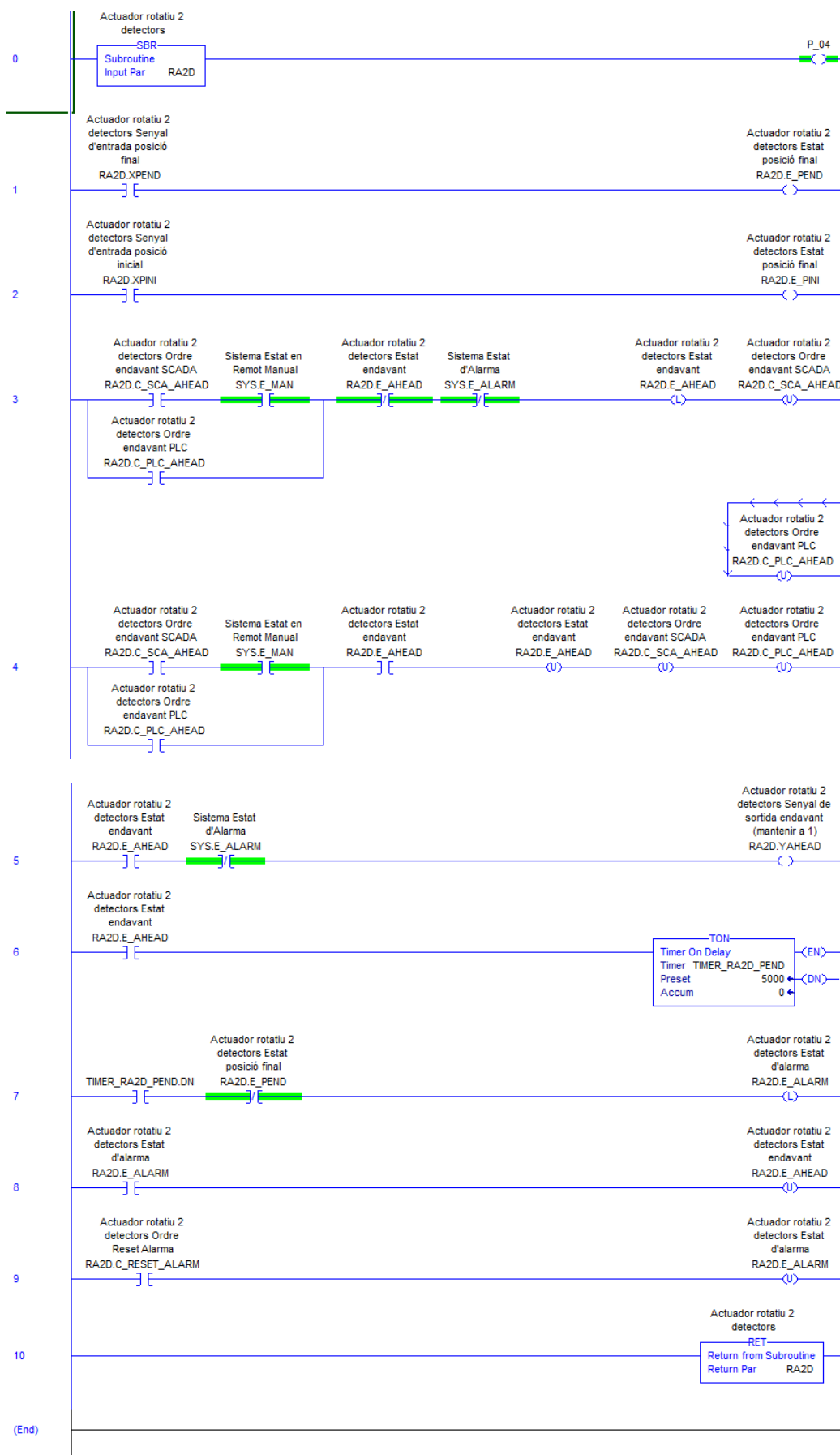
_040_CYS0

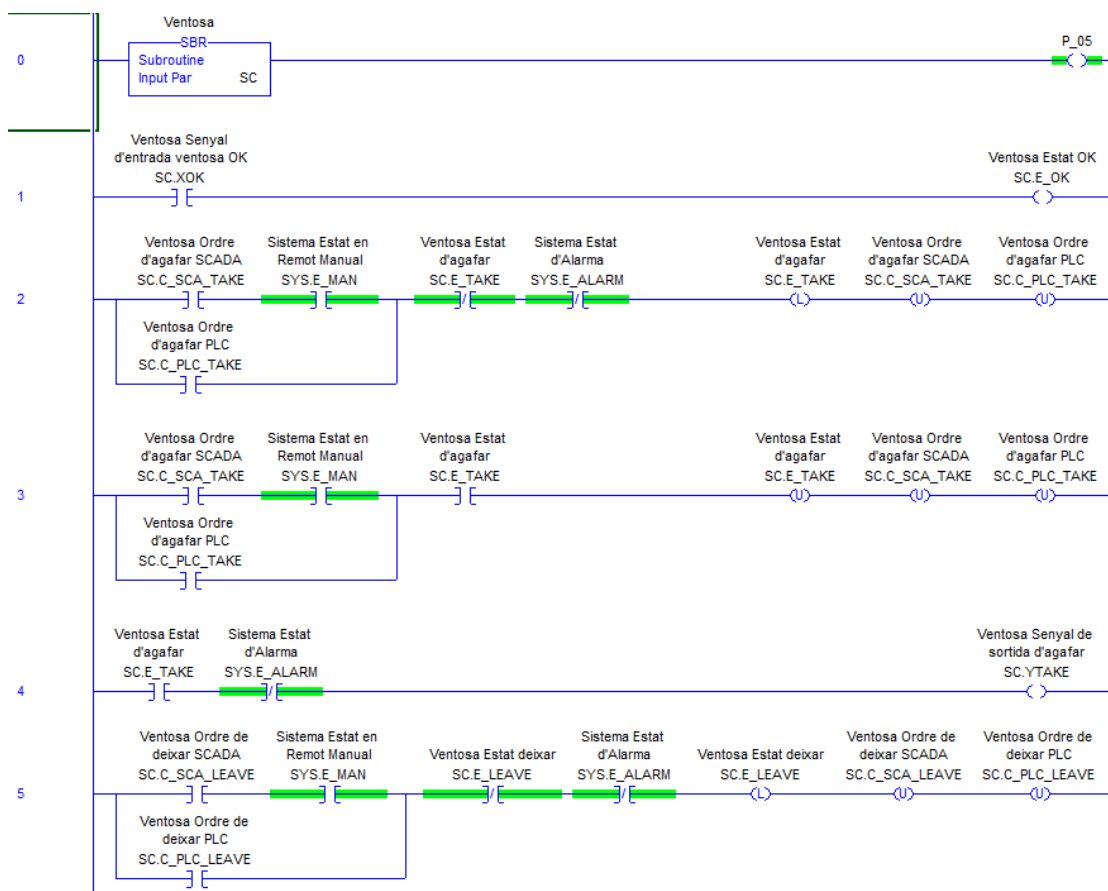
_050_CYD2

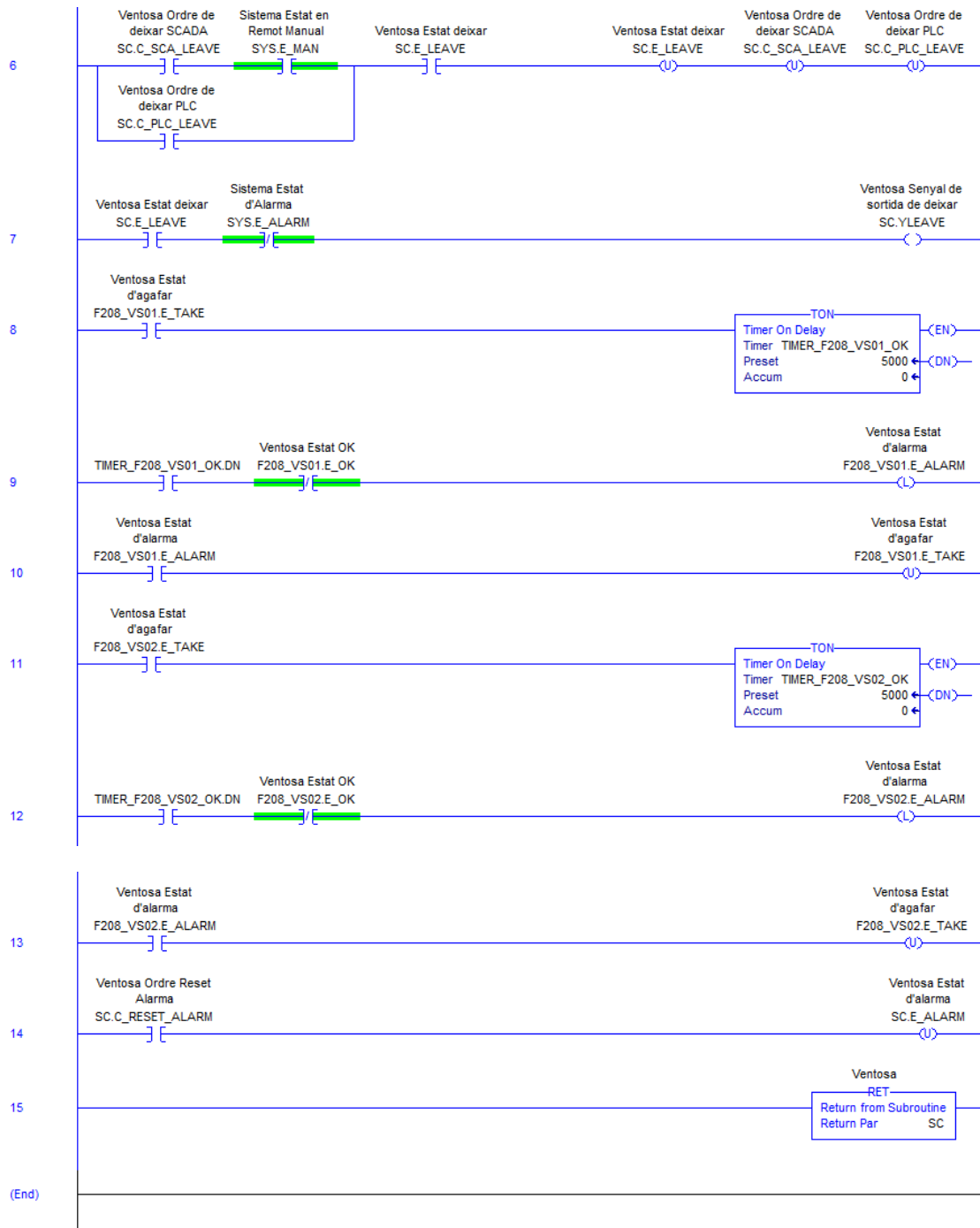


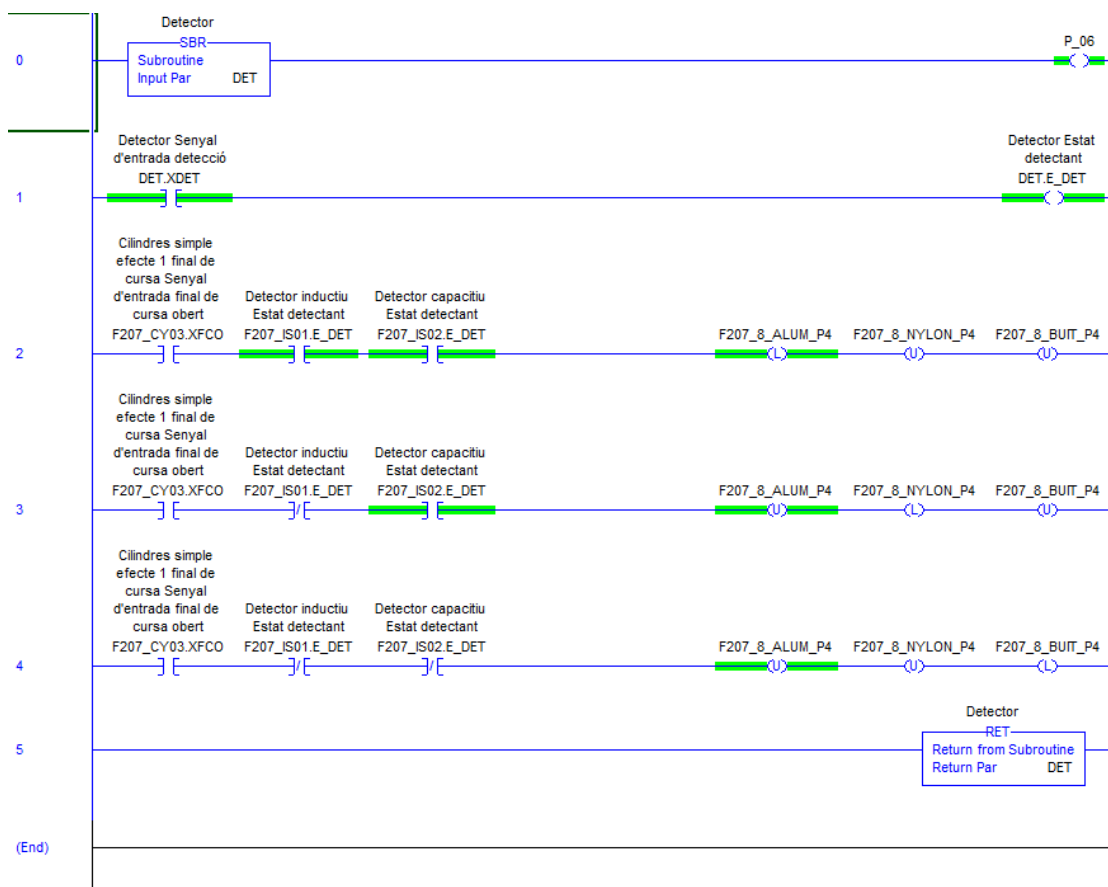


_060_RA2D



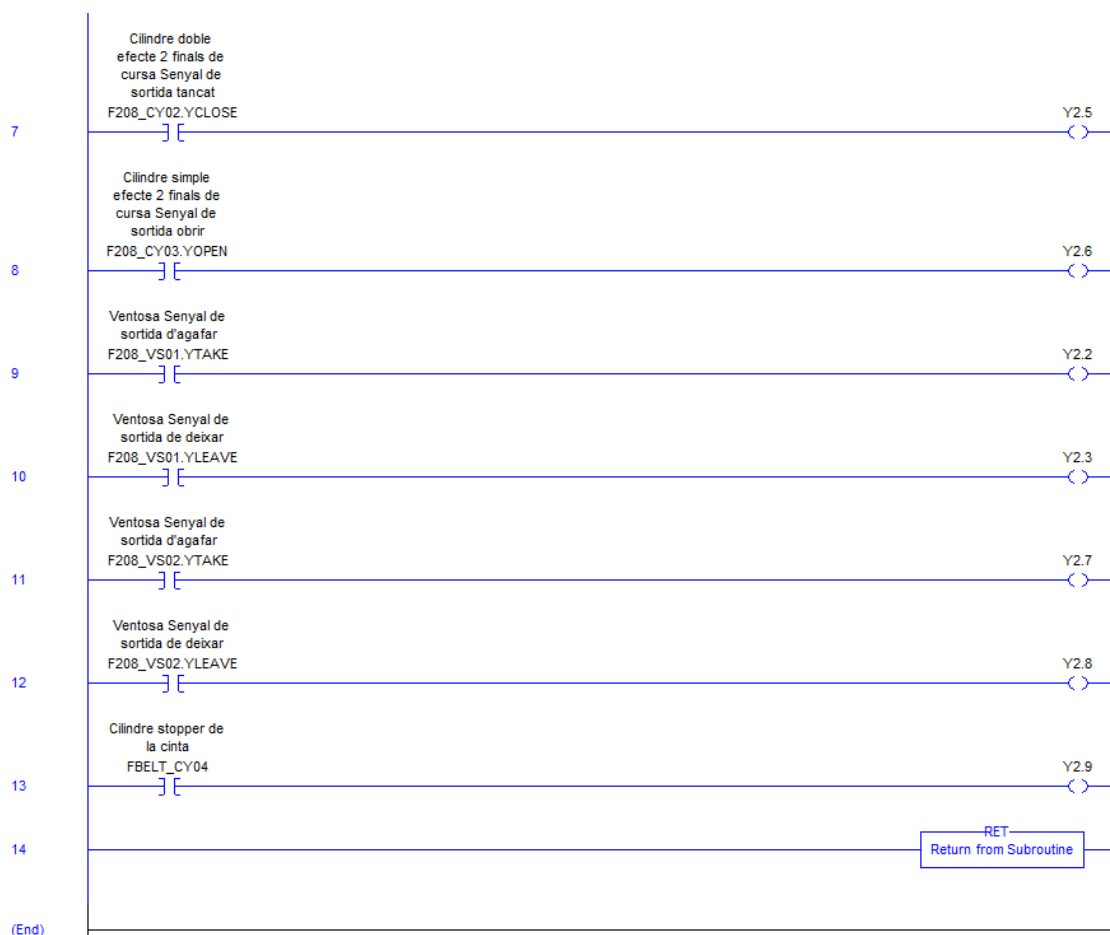
_070_SC



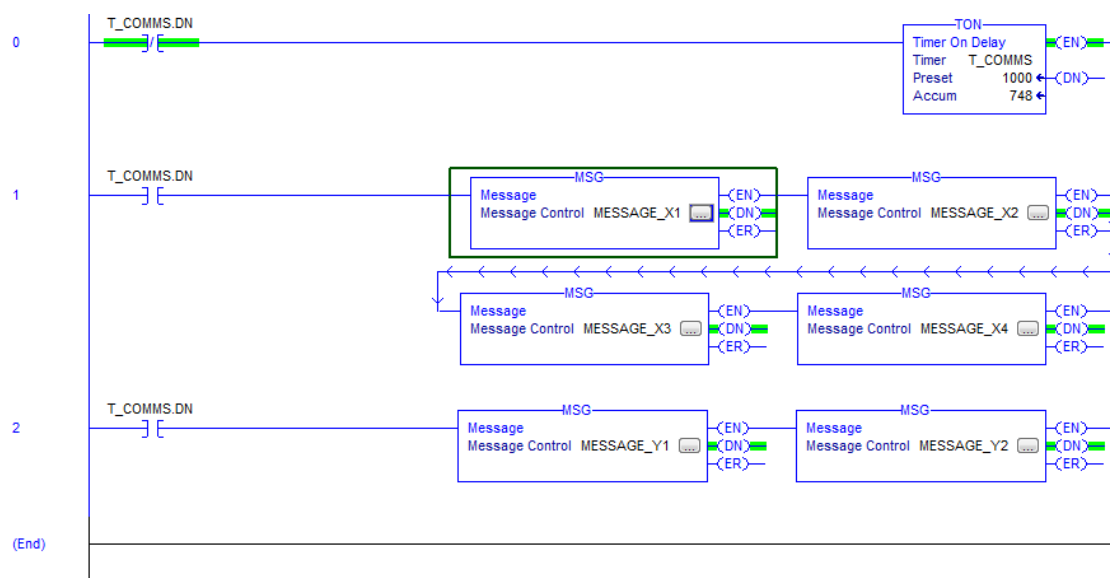
_080_DET

_090_OUTPUTS



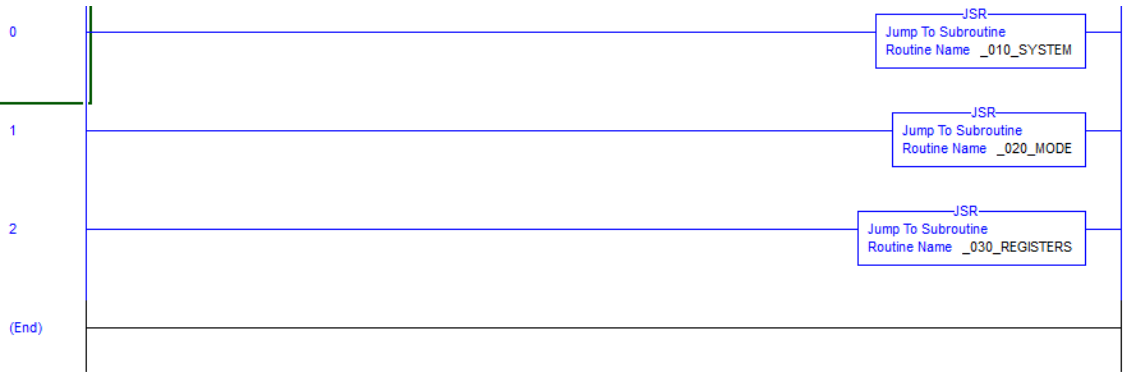


_100_COMMS

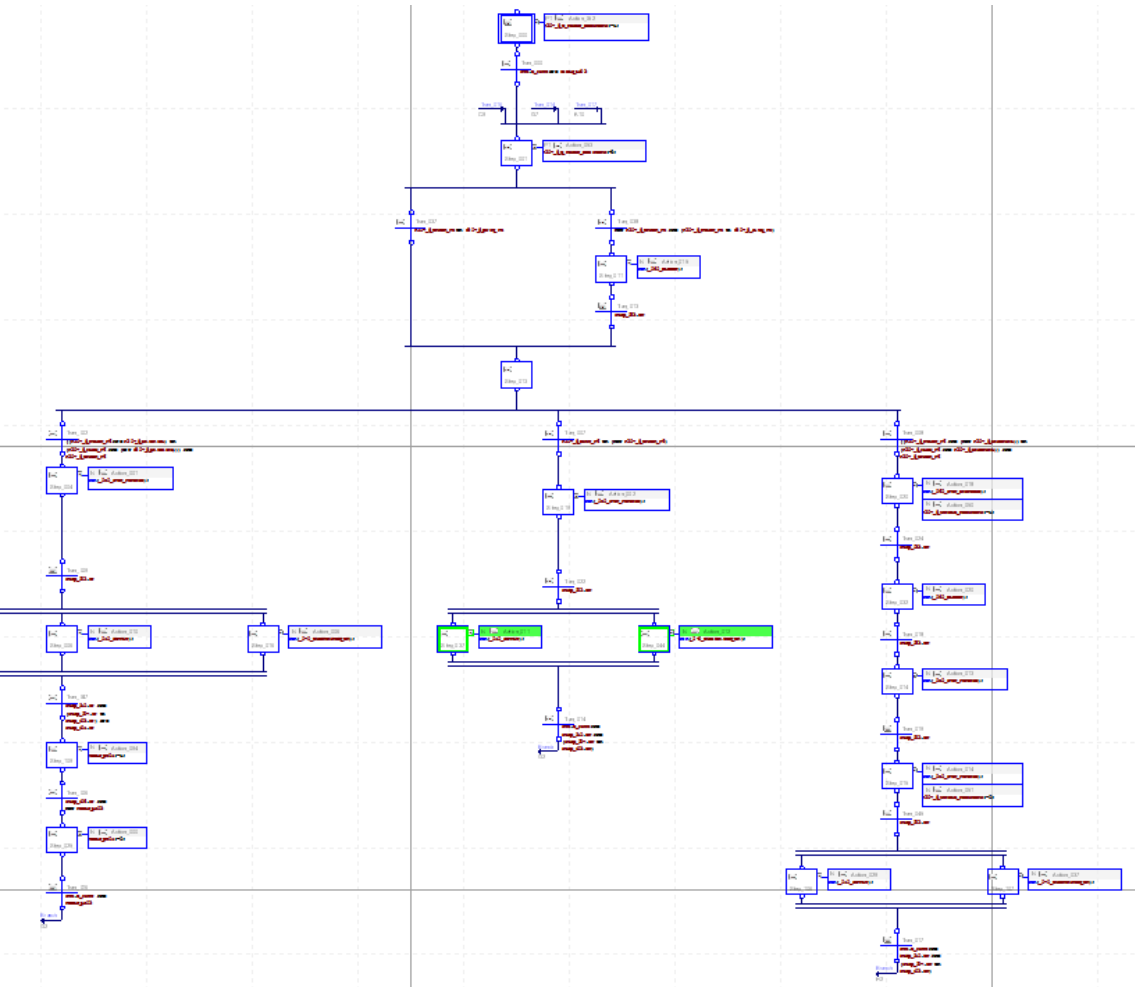


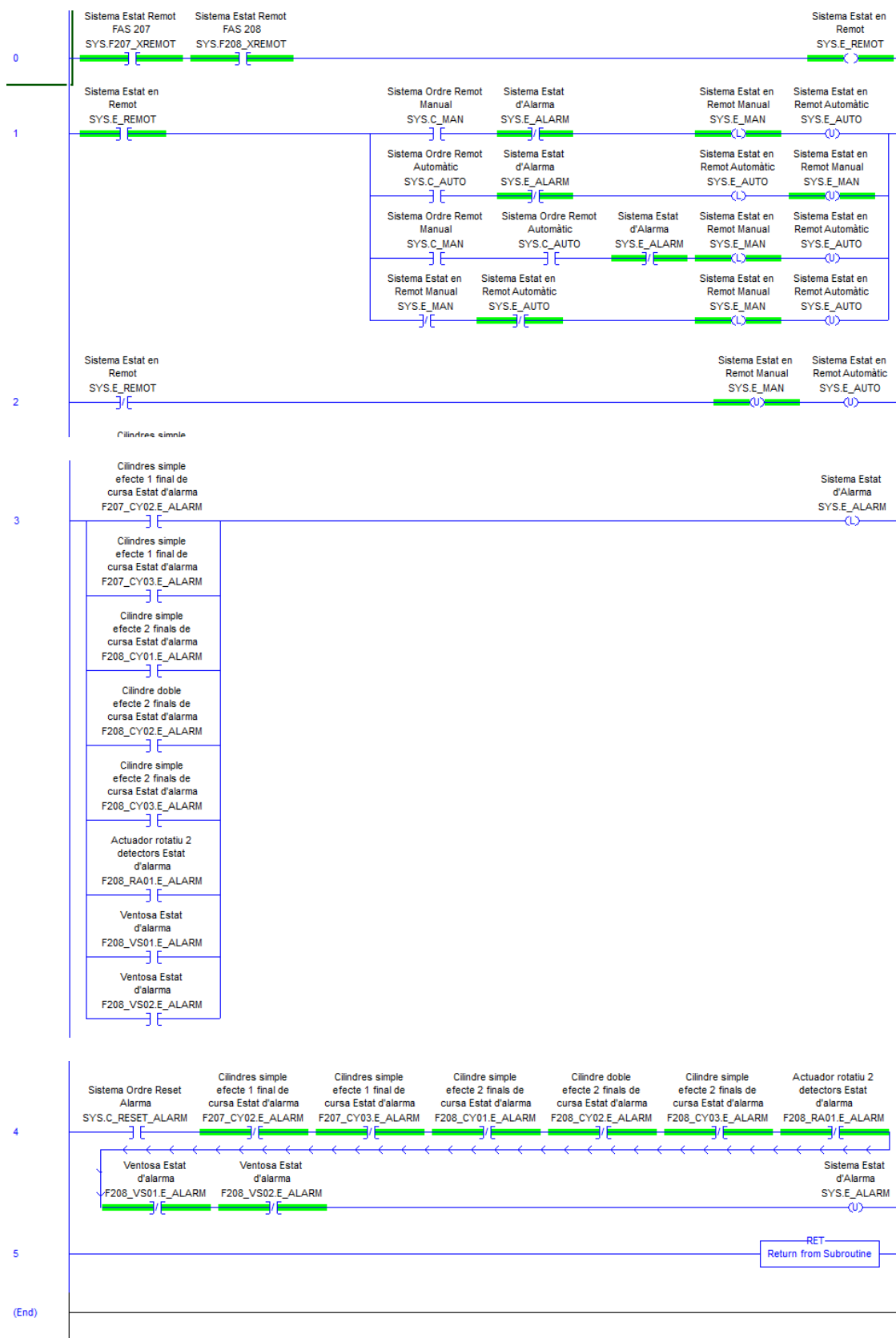
Control_System

_000_MainRoutine

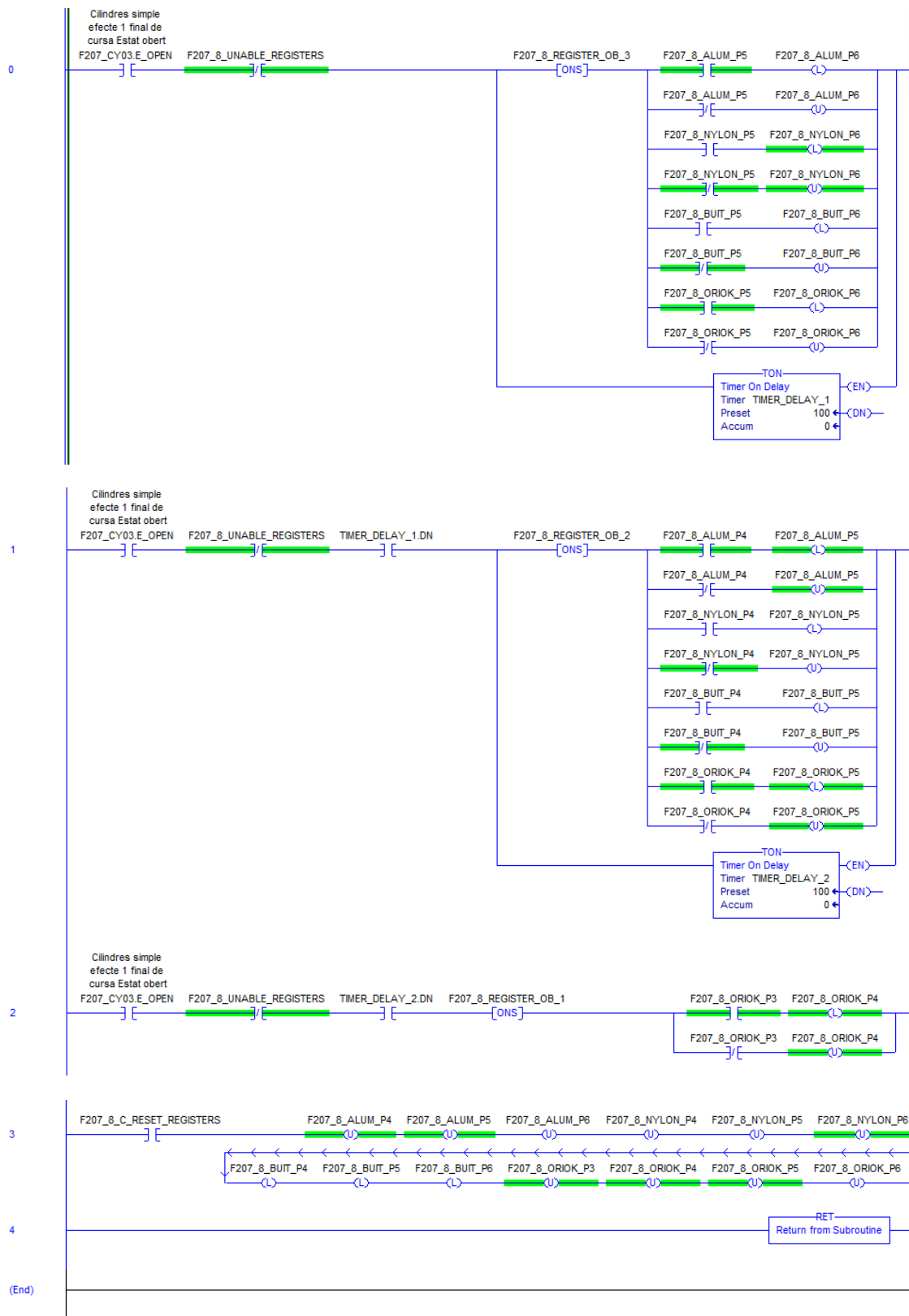


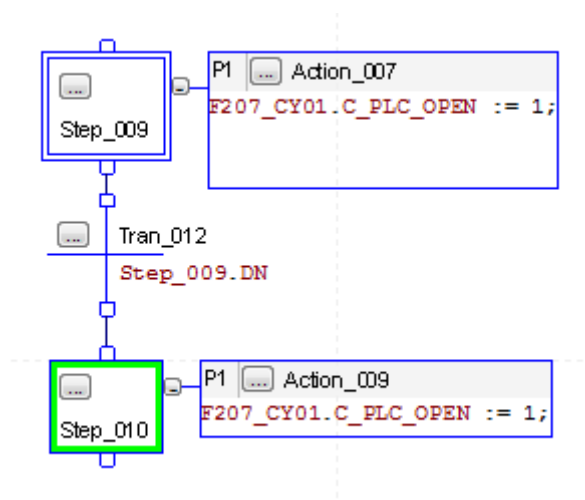
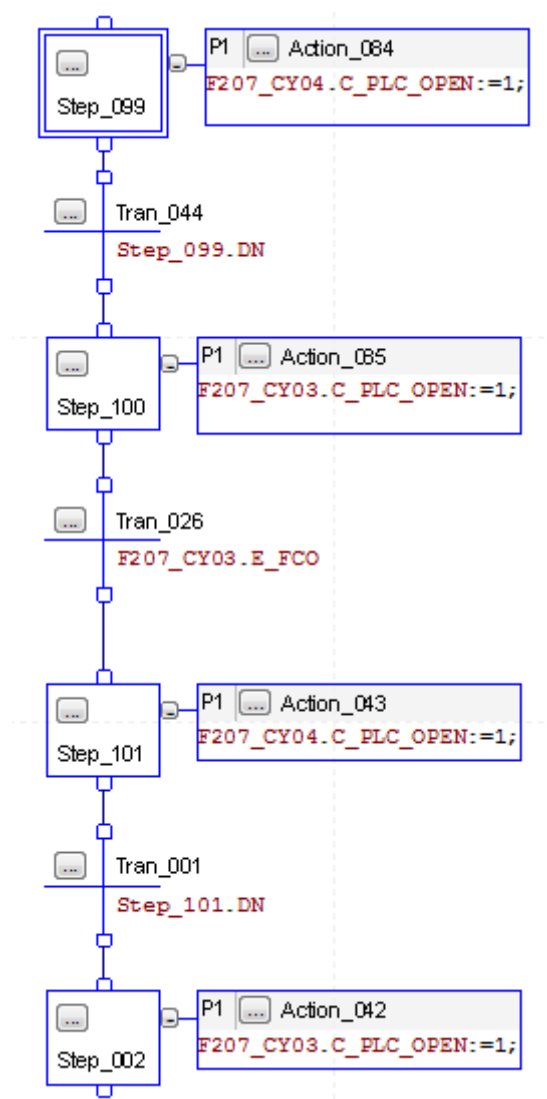
_010_SYSTEM



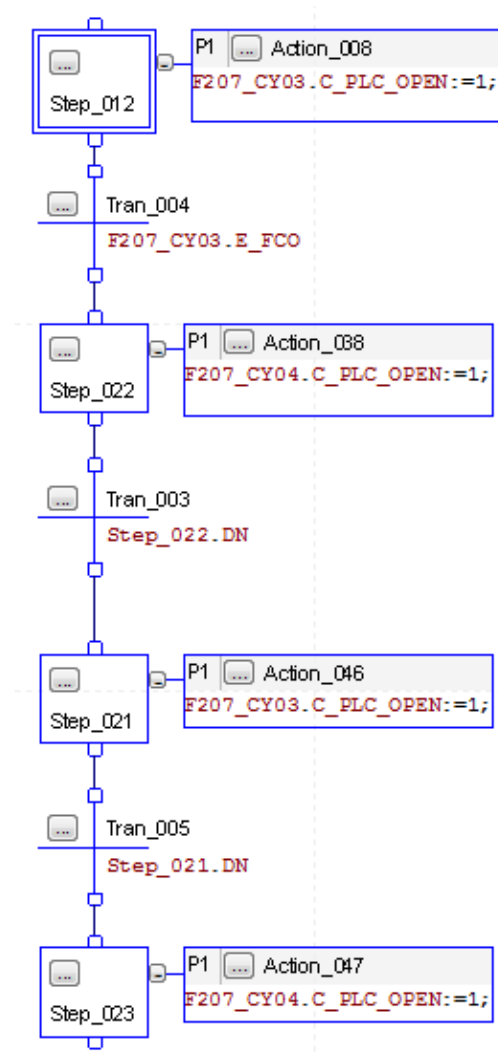
_020_MODE

_030_REGISTERS

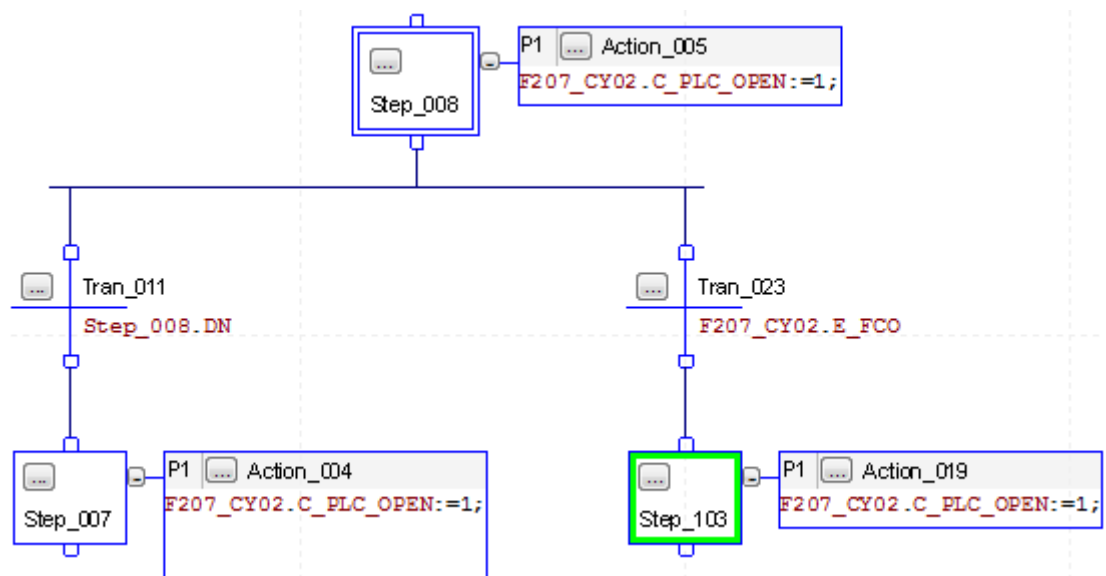


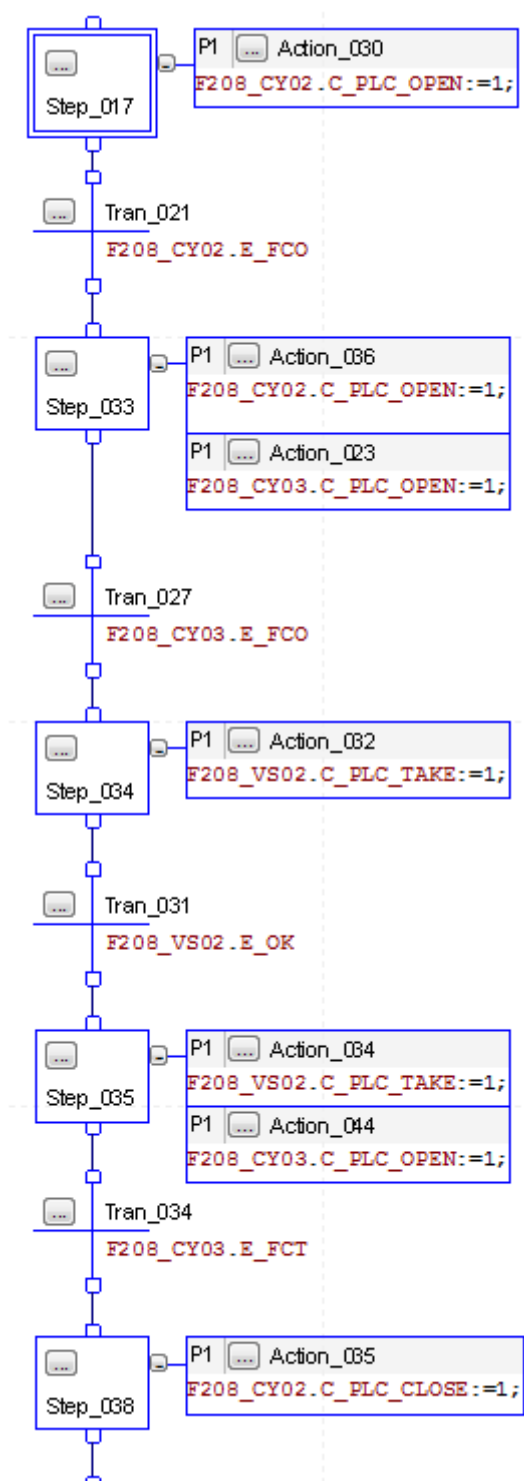
_040_SUPPLY**_050_SPIN_FORWARD**

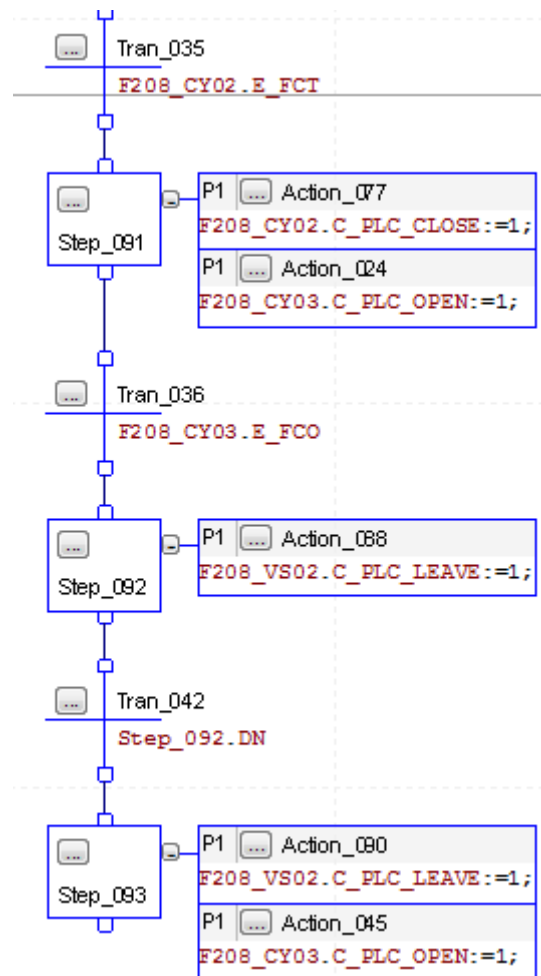
_060_SPIN_BACKWARD

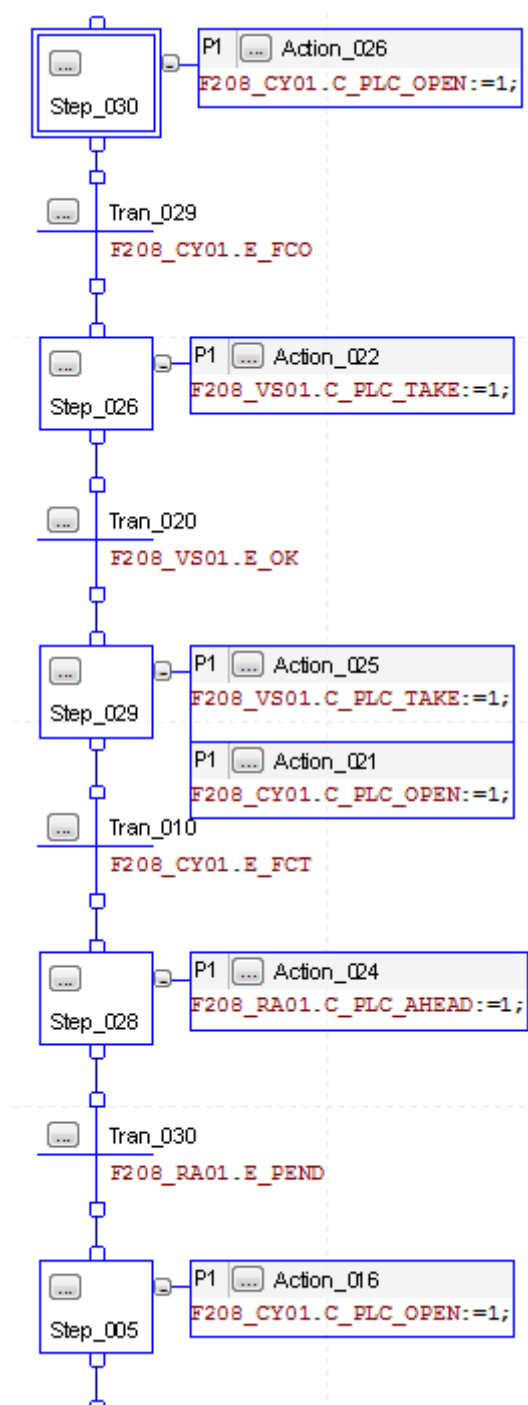


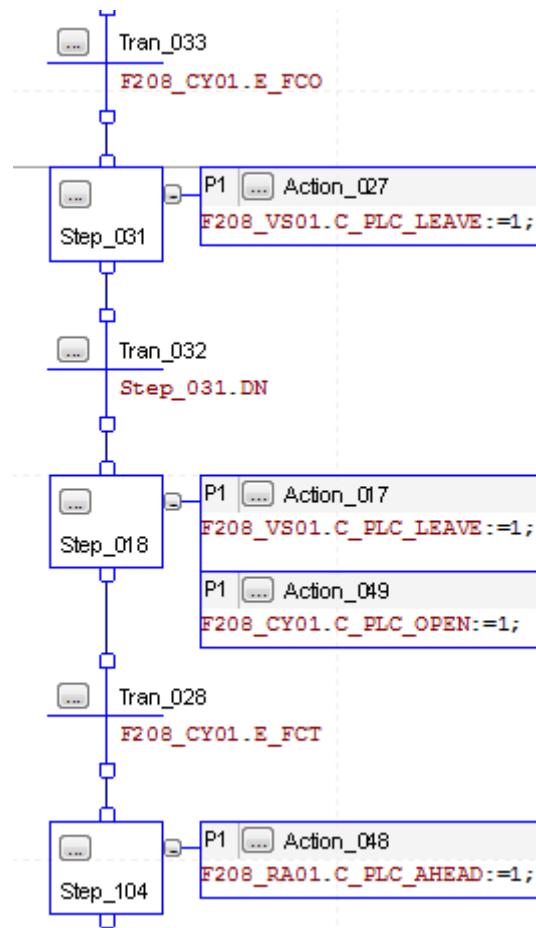
_070_ORIENTATION_OK



_080_REJECT



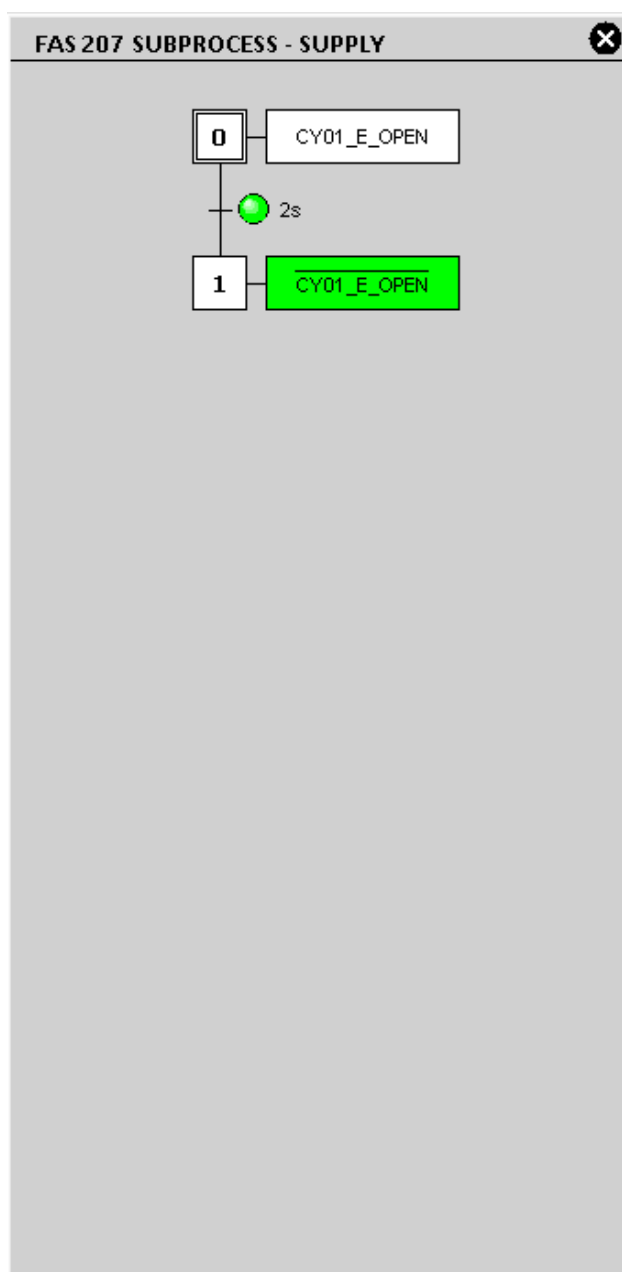
_090_INSERT

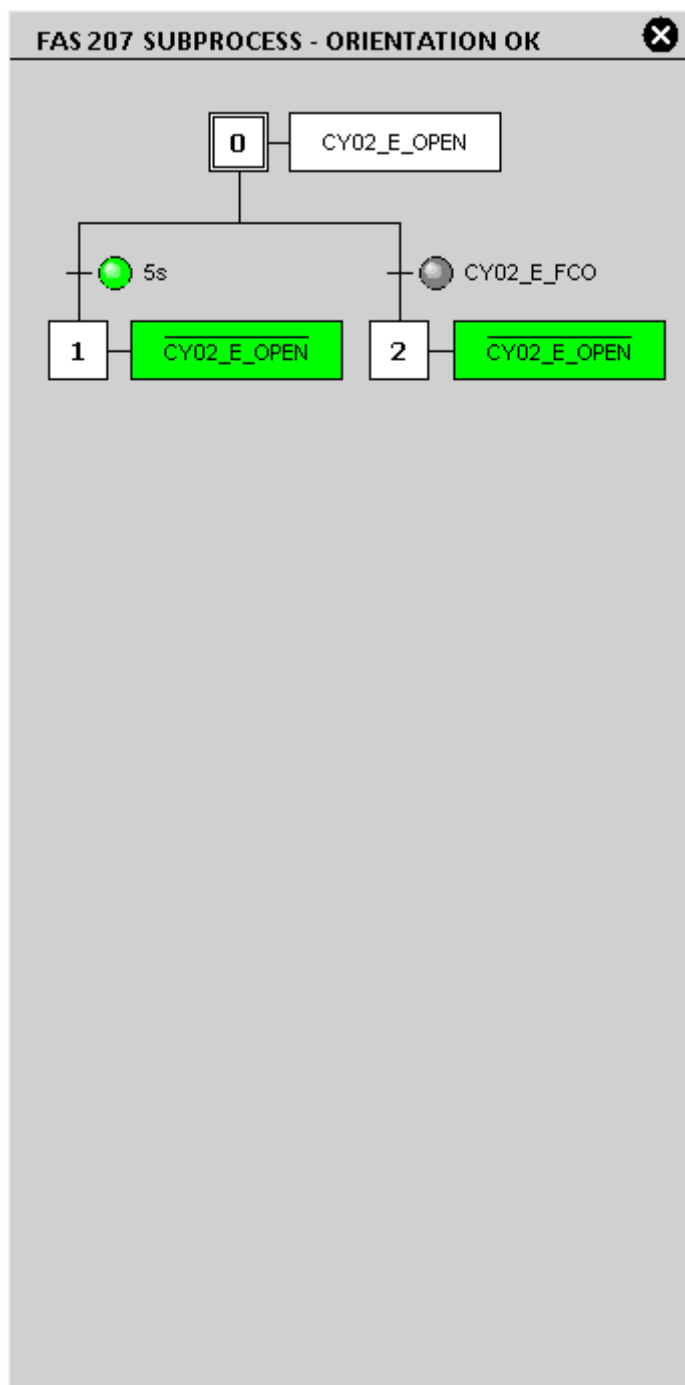


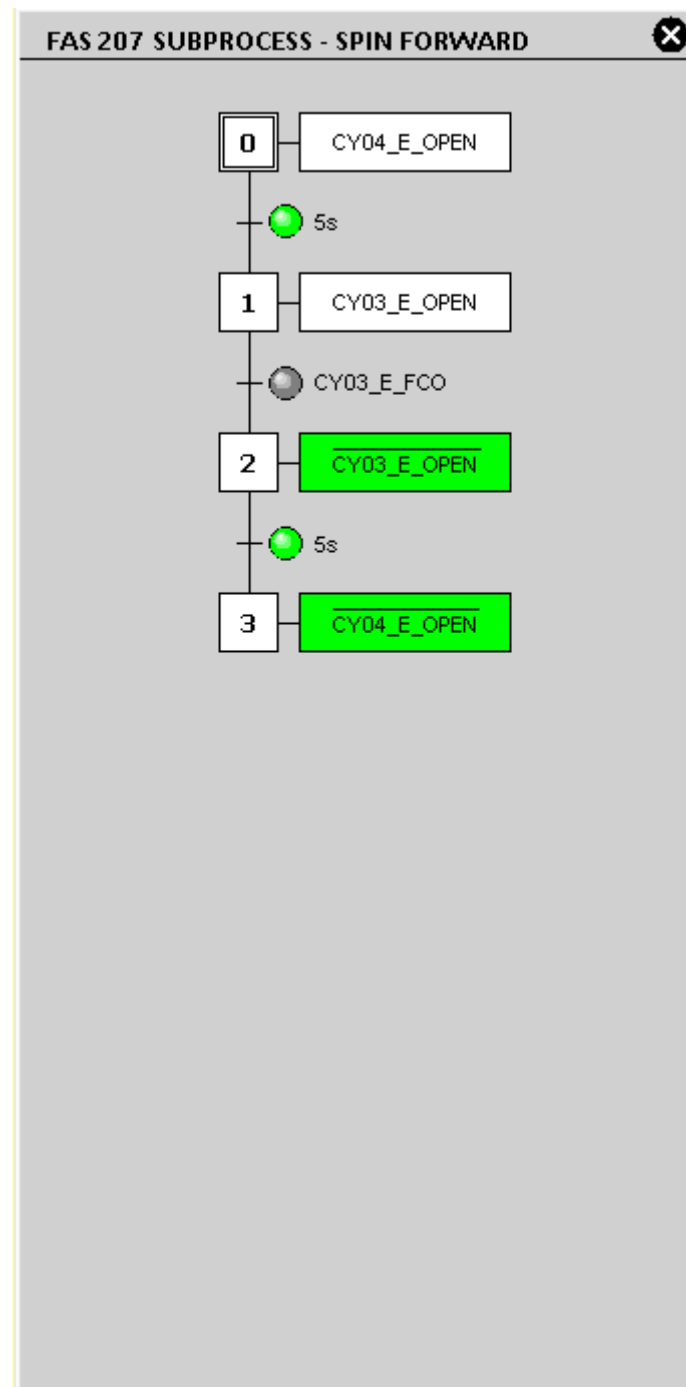
Annex 2: Pantalles SCADA

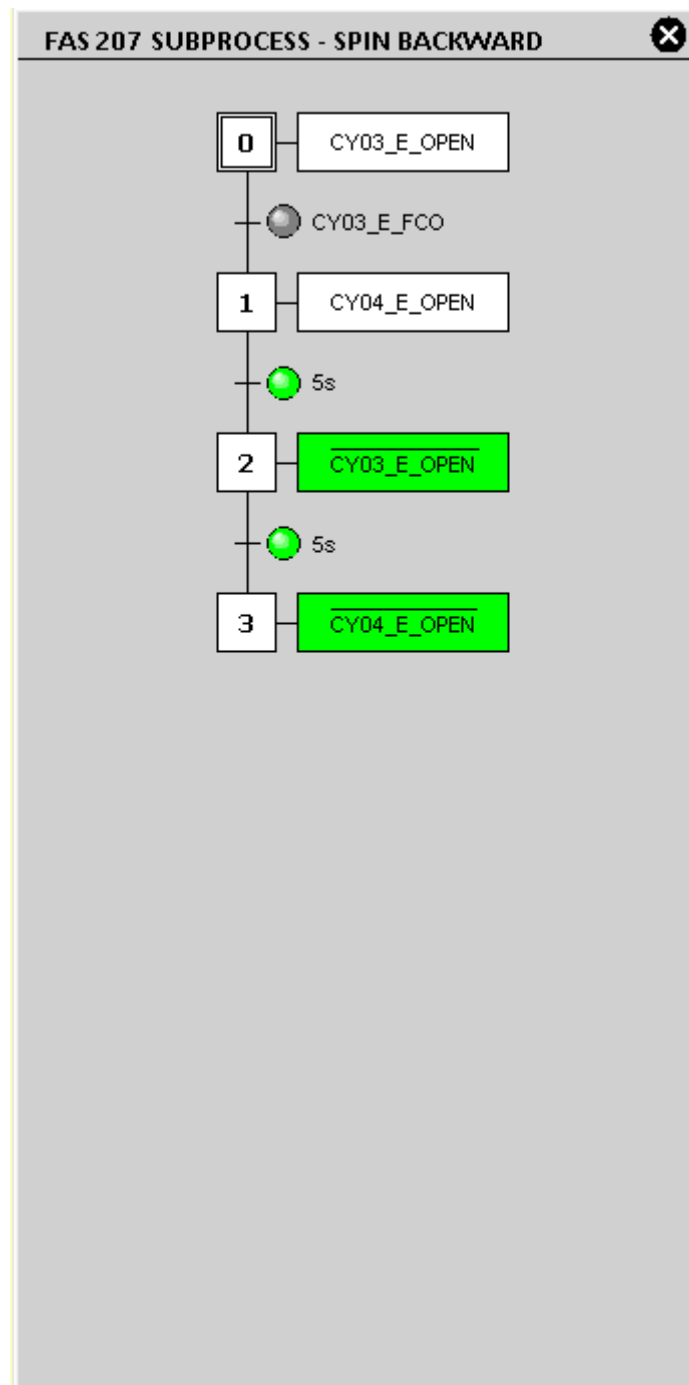
En aquest annex es mostraran totes les pantalles de PROCESS VIEW i ELEMENT VIEW de l'aplicació SCADA.

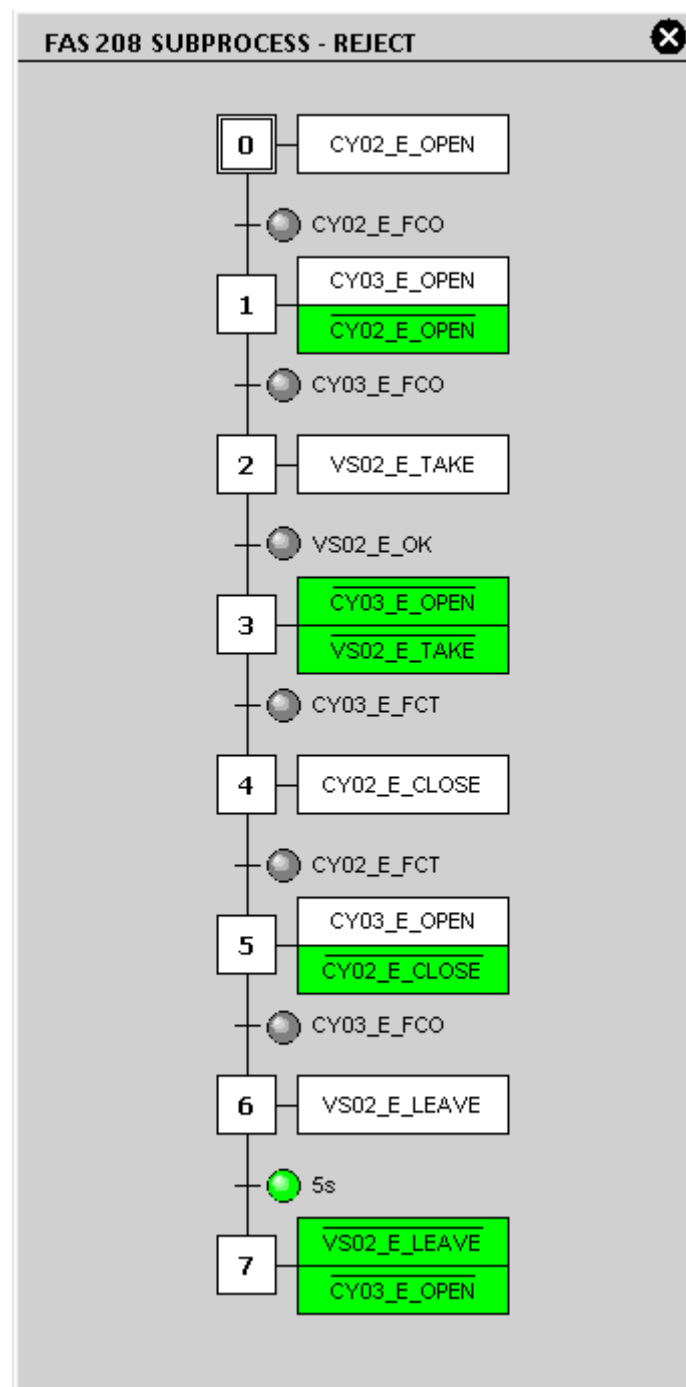
Pantalles de PROCESS VIEW

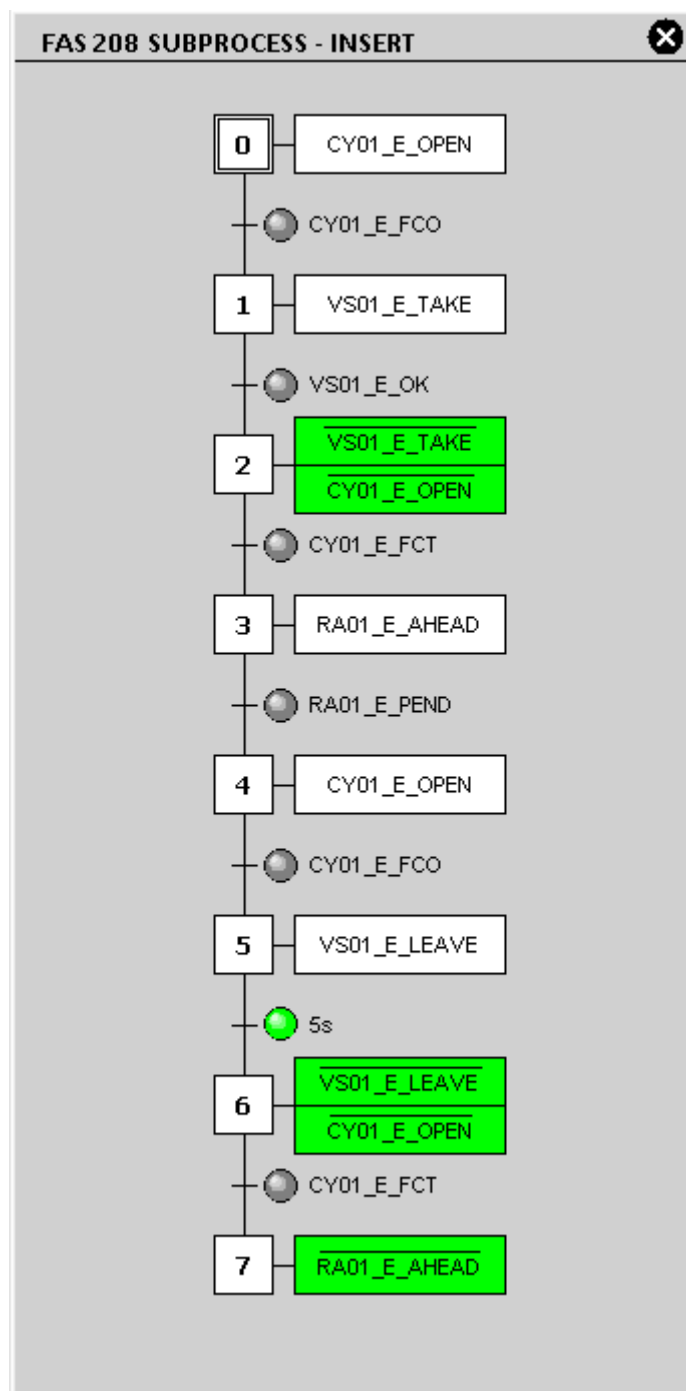














Pantalles de ELEMENT VIEW

FAS 207 ELEMENTS - SUPPLY				
ELEMENT	ACTION	E_FCO	E_FCT	ALARM
CY01	OPEN <input type="checkbox"/>			

FAS 207 ELEMENTS - ORIENTATION OK				
ELEMENT	ACTION	E_FCO	E_FCT	ALARM
CY02	OPEN <input type="checkbox"/>			RESET

FAS 207 ELEMENTS - SPIN				
ELEMENT	ACTION	E_FCO	E_FCT	ALARM
CY03	OPEN <input type="checkbox"/>			RESET
CY04	OPEN <input type="checkbox"/>			

FAS 208 ELEMENTS - REJECT				
ELEMENT	ACTION	E_FCO	E_FCT	ALARM
CY02	<input type="button" value="OPEN"/> <input type="button" value="CLOSE"/>			<input type="button" value="RESET"/>
CY03	<input type="button" value="OPEN"/>			<input type="button" value="RESET"/>
ELEMENT	ACTION	E_OK		
VS02	<input type="button" value="TAKE"/> <input type="button" value="LEAVE"/>			<input type="button" value="RESET"/>

FAS 208 ELEMENTS - INSERT				
ELEMENT	ACTION	E_FCO	E_FCT	ALARM
CY01	<input type="button" value="OPEN"/>			<input type="button" value="RESET"/>
ELEMENT	ACTION	E_PINI	E_PEND	
RA01	<input type="button" value="AHEAD"/>			<input type="button" value="RESET"/>
ELEMENT	ACTION	E_OK		
VS01	<input type="button" value="TAKE"/> <input type="button" value="LEAVE"/>			<input type="button" value="RESET"/>

Annex 3: Memòria Econòmica

En aquest apartat s'avaluaran els costos de mà d'obra d'una posta en marxa d'aquestes característiques, suposant que tot el hardware que s'utilitza ja està disposat i no cal tenir-lo en compte, com és el cas.

Concepte	Hores Dedicades (h)	Preu Unitari (€/h)	Total (€)
Anàlisi FAS 207 i 208	10 h	15 €/h	150 €
Codificació d'Elements i Sistemes	15 h	15 €/h	225 €
Programació PLC	60 h	15 €/h	900 €
Disseny SCADA	50 h	15 €/h	750 €
Proves FAT	10 h	15 €/h	150 €
Proves SAT	25 h	25 €/h	625 €
Documentació	60 h	15 €/h	900 €
Total sense IVA			3.700 €
IVA 21%			
TOTAL			4.477 €